

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Ultrazvuk a fibrilace vláken
Ultrasound and fibrillation of fibers

Vedoucí práce: Ing. Jana Čandová

Konzultant: Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Počet stran: 69

Počet tabulek: 18

Počet obrázků: 12

Počet grafů: 28

Liberec 2010

Nela Krajčová

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 15.12. 2010

.....

Podpis

Poděkování

Úvodem své bakalářské práce bych chtěla poděkovat Ing. Janě Čandové za cenné rady a odborné vedení mé práce. Dále bych chtěla poděkovat Doc. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. za konzultace a pomoc při provádění testů pro experimentální část.

Anotace:

Cílem této bakalářské práce je posoudit vliv ultrazvuku na fibrilaci lyocelových vláken a vliv ultrazvuku na modifikaci vlastností lyocelových vláken fibrilací.

V teoretické části práce je vypracován přehled o ultrazvuku a jeho využití v průmyslu, o lyocelových vláknech, o fibrilaci a o barvení celulóзовých vláken dle dostupné odborné literatury.

Experimentální část práce se zaměřuje na testování vlivu ultrazvuku pomocí alkálií, doby působení ultrazvuku a testováním vlivu ultrazvuku na modifikaci vlastností lyocelových vláken – savost, prodyšnost, barevnou odchylku a tepelný komfort.

Annotation:

The aim of this bachelor thesis is assess influence of ultrasound on fibrillation of lyocell fibers and influence of ultrasound on modifications of properties lyocell fibers.

In the theoretical part of the work is overwiev of ultrasound and its use in industry, lyocell fibers, fibrillation and dyeing of cellulosic fibers according to the avaible literature.

The experimental part of work is aimed at testing influence of ultrasound with alkali, time of working ultrasound and testing influence of ultrasound on modification properties lyocell fibers – absorbency, permeability, color different and thermal comfort.

Klíčová slova: lyocel, fibrilace, ultrazvuk, kavitace, savost, prodyšnost, barevná odchylka, tepelný komfort

Key words: lyocell, fibrillation, ultrasound, cavitation, absorbency, permeability, color different, thermal comfort

Seznam zkratek:

např.	například
viz.	podívejte se
tj.	to je
tzv.	tak zvané
tab.	tabulka
obr.	obrázek
c	koncentrace
c_L	rychlost šíření podélných vln
c_T	rychlost šíření příčných vln
α	útlum ultrazvukového vlnění
NaOH	hydroxid sodný
Na_2CO_3	uhličitan sodný (soda)

OBSAH:

1. Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST	
2. Lyocelová vlákna.....	9
2.1. Výroba lyocelového vlákna.....	10
2.2. Lyocelové vlákno a životní prostředí.....	11
2.3. Vlastnosti lyocelového vlákna.....	12
2.4. Konečné úpravy, vývoj a využití lyocelových vláken.....	12
3. Fibrilace lyocelových vláken.....	13
4. Ultrazvuk.....	13
4.1. Historie ultrazvuku.....	14
4.2. Vznik ultrazvukových vln a ultrazvukového vlnění.....	16
4.3. Ultrazvukové vlny.....	17
4.3.1. Tvary a způsoby šíření ultrazvukových vln.....	17
4.3.2. Druhy vln.....	18
4.4. Rychlost šíření ultrazvukových vln v prostředí.....	20
4.4.1. Rychlost šíření ultrazvukových vln v plynech.....	21
4.4.2. Rychlost šíření ultrazvukových vln v kapalinách.....	21
4.4.3. Rychlost šíření ultrazvukových vln v tuhých látkách.....	22
4.5. Útlum ultrazvukového vlnění.....	23
4.6. Ultrazvukové zdroje.....	24
4.6.1. Mechanické měniče.....	25
4.6.2. Elektromechanické měniče.....	25
4.7. Využití ultrazvuku.....	27
4.7.1. Kavitace.....	27
5. Barvení celulóзовých vláken.....	28
5.1. Přímá (substantivní) barviva.....	29
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	
6. Cíl práce.....	30
6.1. Použité přístroje a pomůcky.....	30
6.1.1. Ultrazvuk sonopuls Bandelin.....	30
6.1.2. FX 3300 – Air Permeability Tester III.....	31

6.1.3. Alambeta.....	31
6.1.4. Spektrofotometr Datacolor Spectraflash SF600.....	31
6.1.5. Další přístroje.....	32
6.2. Použité chemikálie a barviva.....	32
6.3. Použitý materiál.....	32
7. Příprava vzorků.....	33
7.1. Příprava a aplikace lázní.....	33
7.2. Příprava vzorků – fibrilace lyocelové tkaniny ultrazvuk. homogenizátorem.....	34
8. Vliv ultrazvuku na vlastnosti lyocelového vlákna v tkanině.....	35
8.1. Vliv ultrazvuku na lyocelová vlákna v tkanině.....	35
8.1.1. Výsledky fibrilace.....	36
8.1.2. Diskuze výsledků – vliv ultrazvuku na lyocelová vlákna.....	37
8.2. Vliv ultrazvuku na savost.....	37
8.2.1. Výsledky naměřených hodnot.....	37
8.2.2. Diskuze výsledků – savost.....	40
8.3. Vliv ultrazvuku na prodyšnost.....	40
8.3.1. Výsledky naměřených hodnot.....	40
8.3.2. Diskuze výsledků – prodyšnost.....	42
8.4. Vliv ultrazvuku na teplotní komfort.....	43
8.4.1. Výsledky naměřených hodnot.....	43
8.4.2. Diskuze výsledků – teplotní komfort.....	47
8.5. Vliv ultrazvuku na barvení lyocelových vláken.....	47
8.5.1. Test na remisním spektrofotometru.....	48
8.5.2. Výsledky naměřených hodnot.....	48
8.5.3. Diskuze výsledků – barevná odchylka.....	51
8.6. Posouzení vlivu ultrazvuku, alkálie a časové délky bobtnání.....	51
8.6.1. Výsledky naměřených hodnot.....	52
8.6.2. Diskuze výsledků.....	55
8.7. Posouzení vlivu časové délky fibrilace.....	56
8.7.1. Výsledky naměřených hodnot.....	57
8.7.2. Diskuze výsledků.....	61
9. Závěr.....	62

1. Úvod

Během posledních let vývoj využití ultrazvuku velmi vzrostl. Ultrazvuk dnes můžeme najít v různých odvětvích průmyslu, ale také i v medicíně. Z průmyslové oblasti můžeme např. zmínit využití při sváření, čištění součástí či obrábění. Své uplatnění nachází díky nedestruktivním metodám při defektoskopii ve stavebnictví a dnes již při defektoskopii součástí pro letadla. Ultrazvuk je také hojně využíván v chemickém průmyslu a kosmetickém průmyslu na výrobu různých emulzí. V medicíně ultrazvuk má své místo např. v lékařské terapii, diagnostice plodu a dnes je také využíván v estetické chirurgii k odstraňování celulitidy.

Předpoklad využívání ultrazvuku stále roste a je stále předmětem výzkumu a vývoje pro nové technologie.

V této bakalářské práci jsou zaznamenány experimenty pro modifikaci vlastností lyocelového vlákna pomocí ultrazvuku. Lyocelová vlákna jsou poměrně mladá vlákna vyráběná z celulózy ekologičtějším způsobem než jiná celulózová vlákna jako je např. viskóza. Oproti bavlně a viskóze, jakožto celulózovým vláknům, dosahuje v některých vlastnostech lepších výsledků.

Experimentální část této práce se zaměřuje na fibrilaci lyocelových vláken způsobenou působením ultrazvuku. Z velké části je brán zřetel na změnu vlastností lyocelového vlákna po působení ultrazvukem, a to na savost, prodyšnost, barvení (barevná odchylka) a teplotní komfort.

2. Lyocelová vlákna

Lyocel je nejmladší celulózové vlákno. Poprvé bylo lyocelové vlákno vyrobeno v roce 1987 společností Courtaulds ve Velké Británii pod prvotním názvem S25. Na trh se lyocel dostal v devadesátých letech pod obchodním názvem Tencel. Dnes je lyocel vyráběn rakouskou firmou Lenzing AG. Lyocel získal právo používat Oeko-Tex 100 „Confidence in Textiles (Důvěru v textil)“ vydaný Mezinárodní asociací pro zjišťování a testování v oblasti textilních technologií. V prosinci 2000 byl výrobce Lenzing Lyocell oceněn cenou za Evropské životní prostředí pro trvale udržitelný rozvoj. V roce 2002 lyocel obdržel Evropský Eco-label.

Lyocel je vyráběn z dřevní buničiny, neboli celulózy za pomoci recyklovatelných organických rozpouštědel bez vzniku meziproduktů (až 99,5% použitého rozpouštědla je možné po filtraci znovu vrátit na začátek procesu rozpouštění celulózy), jedná se o proces zvláknování v rozpouštědle. Po chemické stránce je proces výroby lyocelu velmi jednoduchý – buničina je rozpuštěna přímo v rozpouštědle a roztok následně tvarován ve vlákna. Z lyocelových vláken lze vyrábět velkou škálu textilních a průmyslových výrobků jako jsou např. ložní prádlo, sportovní oblečení, zdravotní textilie. Vláknem je biologicky rozložitelné.

Na výrobu lyocelových vláken je možné použít mnoho typů stromů jak z měkkého dřeva, tak i z tvrdého dřeva. Pěstované stromy nepotřebují vysoce kvalitní zemědělskou půdu, není nutné časté zavlažování a nepotřebují mnoho pesticidů jako jiné pěstované dřeviny. Pro komerční výrobu lyocelu je nejvíce používán eukalyptus, pěstovaný s dodržением speciálních postupů lesního hospodářství – Forestry Stewardship Council (FSC). Forestry Stewardship Council se zaměřuje na podporu ekologicky vhodné, sociálně přínosné a ekonomicky životaschopné správy lesů světa. FSC označuje lesní produkty (dřevo, buničinu), poskytující záruky, že výrobek pochází z dobře spravovaných lesů. [2]

2.1. Výroba lyocelového vlákna

Dřevo, určené na přípravu celulózové buničiny je nutno nejprve připravit nařezáním a nadrcením na malé kousky. Připravená celulózová buničina se smíchá se zředěným 76 – 78% vodným roztokem alkylaminoxidu (N-metylmorfolin-N oxid). Rozpouštědlo není žíravé ani toxické, jeho významnou vlastností je biologická odbouratelnost. Do směsi celulózové buničiny a rozpouštědla je také přidáváno malé množství inhibitoru podporující degradaci celulózy. Například je možné také přidat do směsi TiO_2 pro výrobu matného vlákna. K procesu rozpouštění celulózové buničiny dochází v tlakové nádobě za tepla ($90\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $120\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve vakuu a zároveň tu dochází k odpařování přebytečné vody.

Následuje filtrace vzniklého roztoku rozdělená do dvou fází. Filtrací jsou odstraňovány nerozpuštěné látky a nečistoty (např. písek, popel), které zůstaly

v celulóзовé buničině během jejího zpracování ze dřeva na buničinu. Filtry jsou opětovně používány, udržované praním. Po filtraci přichází na řadu zvlákňování. K zvlákňování je zapotřebí speciálně navržená tryska s tisíci malými otvory, kterými je roztok protlačován a tímto je roztok formován ve vlákna. Nově vytvořená vlákna procházejí přes malou vzduchovou mezeru hned pod tryskou a jsou protahována přes rotační lázeň kde je celulóza regenerovaná ve zředěném rozpouštědle. Ke stabilizaci vláken po zvlákňování se používá proudění vzduchu, neboli ochlazení vláken.

Následuje vymývání rozpouštědla demineralizovanou vodou z vláken a sušení lyocelových vláken v sušičce složené z několika perforovaných bubnů. Při mytí vyrobených lyocelových vláken získáváme čištěním a recyklací zpět až 99,5% rozpouštědla použitého na začátku procesu. Po mytí může být lyocelové vlákno ošetřeno například přidáním antistatického prostředku, nebo přidáním jiné chemikálie k určité modifikaci vlákna. Lyocel po zpracování je téměř bez nečistot, není třeba bělení jako u bavlny. [2]

2.2. Lyocelové vlákno a životní prostředí

Lyocel je biologicky odbouratelné vlákno. Výrobní proces lyocelového vlákna je relativně šetrný k životnímu prostředí, což ve srovnání např. s viskóзовým vláknem můžeme považovat za významně kladnou vlastnost výrobního procesu. Továrny na výrobu lyocelových vláken jsou realizovány tak, aby docházelo k co nejnižšímu vzniku emisí, k co nejnižšímu znečištění odpadních vod a zároveň se jejich realizace zaměřuje na snížení spotřeby energie. Dalo by se předpokládat, že vývoj budoucí realizace výrobního procesu lyocelových vláken bude nadále snižovat dopad na životní prostředí v oblastech zaměřených na zvýšení energetické účinnosti (hledání energetických úspor pro výrobu lyocelových vláken - Tencel ve spolupráci s Carbon Trust).

Biologickou odbouratelnost lyocelového vlákna můžeme uskutečnit kompostováním, skládkováním, čištěním odpadních vod či spalováním. Vlákno je biologicky rozložitelné působením enzymů vytvářenými anaerobními bakteriemi, ty vlákno štěpí na oxid uhličitý a vodu. Podle testů BS 6085/AATCC 30 lyocelové vlákno při skládkování degraduje úplně do 12 týdnů. Při spalování lyocelové vlákno velmi

snadno hoří a vzniká spalné teplo, které může být spalovnami využito jako odpadní energie. V odpadních vodách je lyocelové vlákno schopné se úplně rozložit do 8 dnů. [2]

2.3. Vlastnosti lyocelového vlákna

K hlavním vlastnostem lyocelového vlákna patří měkkost, prodyšnost, dobré absorpční vlastnosti (lyocel absorbuje o 50% vlhkosti více než bavlna), vynikající odvod vlhkosti, pevnost za mokra i za sucha. Pevnost za sucha je výrazně vyšší než u bavlny a viskózy (viz tab. 1). Díky vysokému modulu se lyocelové vlákno téměř nesráží ve vodě, což vede k dobré stabilitě při praní. Lyocelové vlákno se špatně barví z důvodu nízké povrchové aktivity. Fibriluje za mokra. Pomocí fibrilace lyocelových vláken je možné vytvářet různé textury napodobující např. semiš, kůži, hedvábí, nebo „peachskin“ povrch. Vlákná potlačují růst bakterií bez přídavku chemikálií. Potlačení růstu bakterií je dosaženo odvodem vlhkosti přímo do vlákna. Vlhkost se tak nedrží na povrchu vlákna a nedává šanci růstu bakterií. Lyocelová vlákna Tencel mají hladší a pružnější povrch než vlna, nebo bavlna. [2], [3]

Vlastnosti	Tencel	Viskóza	Bavlna	Polyester
Jemnost vlákna (dtex)	1,7	1,7	-	1,7
Pevnost v tahu (cN/tex) za sucha	38-42	22-26	20-24	55-60
Prodloužení za sucha (%)	14-16	20-25	7-9	25-30
Pevnost v tahu za mokra (cN/tex)	34-38	10-15	26-30	54-58
Prodloužení za mokra (%)	16-18	25-30	12-14	25-30

Tab. 1 Porovnání vlastností vláken – lyocelové vlákno Tencel, viskóзовé vlákno, bavlněné vlákno a polyesterové vlákno [2]

2.4. Konečné úpravy, vývoj a využití lyocelových vláken

Technologie konečných úprav lyocelových vláken jsou stále předmětem dalšího intenzivního výzkumu a vývoje. [2]

- V červnu 2009 na Techtextil ve Frankfurtu nad Mohanem byla představena kombinace lyocelového vlákna s mědí (Smartcel). Tato kombinace je vhodná na výrobu hygienických textilií, filtrů do vysavačů, filtrů do klimatizací, funkčních

netkaných textilií a vzduchových filtrů. Antibakteriální účinky mědi působí proti bakteriím, virům, plísním a nepříjemným pachům. [4]

- Lenzing a americké společnosti Weyerhaeuser a Federal Way [5] zkoumají nové technologie netkaných textilií (spunbond, meltblown) s využitím lyocelového polymeru. Lyocelové netkané textilie jsou určeny pro průmyslovou a osobní hygienu.
- Na Expofil a Texworld v únoru 2009 v Paříži [6] firma Lenzing AG představila koncept na nové „ekologické džíny“. Jedná se o džíny vyrobené z bavlněných a lyocelových vláken (bavlna+menší podíl lyocelu). Tato kombinace vláken zajišťuje snížení spotřeby vody o 45% a nižší chemické zatížení o 35% při praní. A také nahrazení polyesterových šicích nití za 100% lyocelové šicí nitě přispívá ke zlepšení životního prostředí. 100% lyocelové (Tencel) šicí nitě mají vysokou pevnost za mokra i za sucha proto jsou vhodné pro nahrazení polyesterových šicích nití.

3. Fibrilace lyocelových vláken

Lyocelová vlákna mají tendenci k fibrilaci vláken za mokra. Fibrilaci lyocelových vláken má za následek vysoká krystalinita a vysoká orientace fází. Fibrilaci vláken lze omezit modifikací, a nebo ji lze využít k zušlechťování ve výrobě textilií se speciálním povrchem. [18]

4. Ultrazvuk

Technologie ultrazvuku je založená na akustickém vlnění o frekvenci ležící nad hranicí slyšitelnosti lidského ucha. Tato hranice je stanovená na cca 20 kHz. Akustické vlnění, neboli také elastické vlny (kmity) jsou závislé na pružných elastických vlastnostech prostředí. Akustické vlnění lze rozdělit podle frekvenčního rozsahu na jednotlivá akustická pásma:

- **infrazvuk** – pod 16 Hz – jedná se o oblast s velmi nízkými frekvencemi, vznikající např. při zemětřesení. Vlny nazýváme seizmické vlny.

- **slyšitelný zvuk** – 16 – 20000 Hz – vlnění přenášené vzduchem. Tato oblast se zabývá generováním, přenášením a příjmem slyšitelných signálů.
- **ultrazvuk** – 20000 – 10^9 Hz – v této oblasti je vlnění přenášené v plynném, kapalném a pevném prostředí. V této oblasti se využívá intenzity ultrazvukové energie až několik desítek MW m⁻².
- **hyperzvuk** – nad 10^9 – jedná se o oblast s velmi vysokými frekvencemi. Tyto frekvence jsou využívány ke studiu struktury a stavby hmoty.

Ultrazvuk se dělí podle účinků ultrazvukové energie na aktivní ultrazvuk a pasivní ultrazvuk. Aktivní ultrazvuk, též nazývaný „makrozvuk“, využívá vysoké intenzity akustického vlnění k ovlivnění vlastností struktury prostředí po fyzikální a chemické stránce. Toho je možno využít například k urychlení konkrétních procesů. Aktivní ultrazvuk se využívá k obrábění, čištění součástí, svařování, výrobě emulzí, lze ho uplatnit také v metalurgii, nebo při lékařské terapii.

Pasivní ultrazvuk využívá malé intenzity akustického vlnění a proti aktivnímu ultrazvuku nezpůsobuje fyzikální ani chemické změny. Pasivní ultrazvuk je vhodný pro nedestruktivní měření a diagnostické účely. Své využití nachází v oblastech ve stavebnictví (defektoskopie), geofyzice (měření tloušťek, elastických konstant, mechanického napětí, statických tlaků, výšky hladin kapalin), v chemickém průmyslu je využíván k analýze kapalin (koncentrace, hustota, viskozita), v lékařství, v biologii a ve všech odvětvích medicíny. [8], [9], [25]

4.1. Historie ultrazvuku

Vývoj ultrazvuku pro dnešní využití v různých průmyslových odvětvích, medicíně a lékařství prošel dlouhou cestou sahající až do první poloviny 19.století. Již v roce 1847 James Prescott Joule objevil magnetostrikční jev, který dnes lze využít k získávání nízkofrekvenčního ultrazvuku. Jedná se o jev, kde zmagnetizováním železné tyče dochází k malému prodloužení. V roce 1880 bratři Pierre a Jacques Curieové objevili přímý piezoelektrický jev – stlačení krystalu vyvolalo elektrický náboj na jeho povrchu. [13] Piezoelektrický a magnetostrikční jev nacházejí uplatnění v ultrazvukové měřicí technice. Francouzský fyzik Paul Langevin v roce 1916 zhotovil první ultrazvukový

zdroj, jímž byl piezoelektrický měnič. Do té doby jako zdroje pro ultrazvuk sloužily různé píšťaly, sirény a nebo vodní trysky.

V roce 1918 Paul Langevin a Constantin Chilowsky získali patent pro první použitelný systém pro podmořskou ultrazvukovou echolokaci, mající značný význam při vyhledávání neviditelných překážek (např. ledovce) pomocí odraženého ultrazvukového vlnění. Echolokace, respektive jako využití ultrazvukové energie, dostává své první technické využití již před druhou světovou válkou. Tento způsob vysílání zvukových vln vodou byl během druhé světové války používán jako podmořská signalizace (předchůdce sonaru) k vyhledávání nepřátelských ponorek. Na základě této metody vzniká obor hydroakustika.

V roce 1928 americký fyzik George Washington Pierce konstruuje první magnetostrikční vibrátor, který je využíván jako zdroj ultrazvuku. Téhož roku ruský fyzik S. J. Sokolov získává autorské osvědčení na průchodovou metodu detekce skrytých vad materiálů. [11] V letech 1929 – 1935 S. J. Sokolov zkoumal použití ultrazvukových vln k detekci kovových předmětů. V roce 1929 S. J. Sokolov publikoval návrh na postup zjišťování vnitřních nehomogenit prostředí ultrazvukem. J. Gruetzmacher roku 1935 zkonstruoval první měnič s fokusací, což vedlo k významnému zdokonalení piezoelektrického zdroje ultrazvuku. V letech 1942 – 1943 Američan F. A. Firestone vynalézá odrazový defektoskop. Firestonův odrazový defektoskop se stal předchůdcem dnešních lékařských a průmyslových ultrazvukových zobrazovacích systémů.

Po druhé světové válce se začíná využití ultrazvuku rozšiřovat do více průmyslových odvětví. Značný význam v této době má využití aktivního ultrazvuku. Ultrazvuk začíná nahrazovat některé klasické postupy výroby jako např. nahrazení klasického pájení ultrazvukovým mikrosvářením. Ultrazvuk se také začíná zapojovat do průmyslové výroby v podobě ultrazvukového čištění, obrábění, sváření kovových materiálů (např. měď, hliník, stříbro - materiály využívané v elektrotechnice) a plastů, v metalurgii, což vede ke značným úsporám energie a zvýšení efektivnosti práce. Vývoj ultrazvuku nevzkvétá jen po technicko-průmyslové stránce, ale také nachází uplatnění v lékařství a medicíně. Uplatnění ultrazvuku v lékařských vědách odstartoval Firestonův defektoskop s osciloskopem, který umožnil zviditelnit odrazy ultrazvuku od akustických rozhraní (praskliny, dutiny). [8], [9], [10], [11], [12]

4.2. Vznik ultrazvukových vln a ultrazvukového vlnění

Částice hmoty v ultrazvukovém poli konají periodické kmitavé pohyby zapříčiněné zdrojem energie. Každá částice v ultrazvukovém poli je ovlivněna kmitavým pohybem sousedních částic. V celku působí všechny částice v ultrazvukovém poli jako vlnový pohyb.

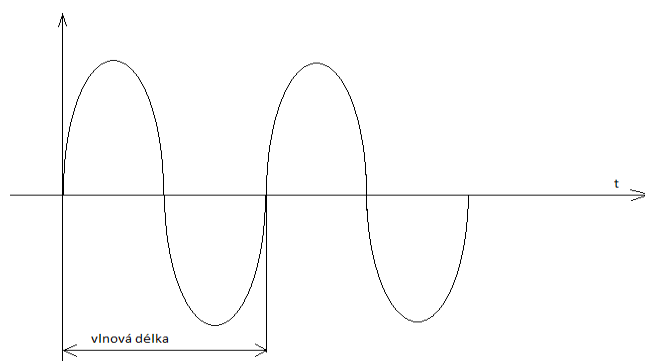
Kmitavý pohyb – kmitání – se dá vyvolat změnou rovnovážného stavu některé hmotné částice určitou silou. Pokud se opakuje kmitavý pohyb v určitém časovém intervale, v čase s periodou T, přičemž nepřekročí určitou konečnou vzdálenost od své klidové polohy, označujeme ho jako periodický a nebo harmonický pohyb. [9]

Pohyb hmotné částice v prostředí – hmotná částice je ovlivněna setrvační silou udanou energetickým zdrojem vlnění. Kdyby neexistoval odpor prostředí a mechanické ztráty, hmotná částice by vykonávala opakující se vratný pohyb do nekonečna. Tento pohyb se nazývá netlumený harmonický pohyb. Ve skutečnosti prostředí na hmotnou částici působí třením a způsobuje energetické ztráty a má za následek úplné zastavení hmotné částice. Tento pohyb nazýváme tlumeným kmitavým pohybem.

Vlnění lze charakterizovat šířením a přenosem energie bez přenosu hmoty. Rozeznáváme dva druhy vlnění, podélné a příčné. Podélné vlnění je když hmotné částice vykonávají kmitavý pohyb v prostředí ve směru šíření vlnění. U pohybu hmotných částic kolmo na směr šíření vlnění v prostředí se jedná o příčné vlnění. Podélné i příčné vlnění je závislé na druhu prostředí. V pevných látkách s pružnými vlastnostmi je možné šíření vlnění jak podélné tak i příčné. V plynech a kapalinách se šíří pouze podélné vlnění. [8], [9], [15]

Vzdálenost, kterou překonají hmotné částice, neboli vlnění během jedné periody nazýváme vlnová délka (obr.1), kde c je rychlost šíření vlnění. Vlnová délka lze vyjádřit vztahem (1):

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT \quad [m; m.s^{-1} : s] \quad (1)$$

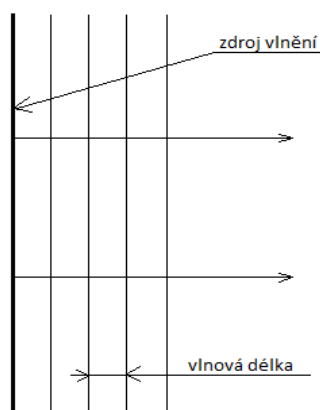


Obr. 1 Vlnová délka ultrazvukové vlny

4.3. Ultrazvukové vlny

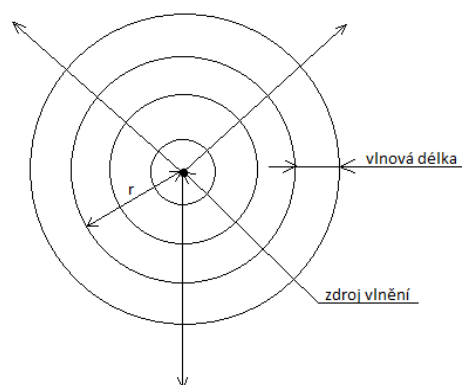
4.3.1. Tvary a způsoby šíření ultrazvukových vln

V pružném prostředí, které není ohraničené, se ultrazvukové vlny šíří od svého zdroje prostorově. Jsou známy tři tvary ultrazvukových vln, a to rovinné, kulové a vlnkové. Rozeznáváme je od sebe podle tvaru vyzařující plochy zdroje, neboli vlnoplochy. Vlnoplocha je tvořena částicemi kmitající ve stejné fázi. U rovinné vlny (obr. 2) tvoří vlnoplocha rovinu kolmou na směr šíření. Zdrojem rovinné vlny je harmonicky kmitající nekonečná rovina.



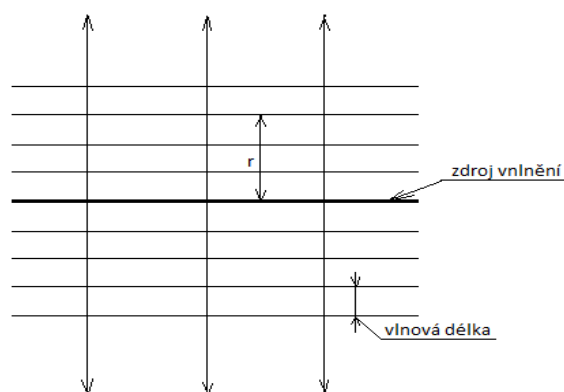
Obr. 2 Rovinné ultrazvukové vlny

Kulová vlna (obr. 3) vzniká vyzařováním bodového kulového zdroje o malém rozměru. Vzhled vlnoplochy kulové vlny můžeme popsat jako několik kružnic s různým poloměrem o stejném středu. Středem je myšlen zdroj bodového ultrazvuku. Zvětšujícím se poloměrem kružnice, se kulová vlna mění v rovinnou vlnu.



Obr. 3 Kulové ultrazvukové vlny

Válcová vlna (obr. 4) tvoří přechod mezi kulovou a rovinnou vlnou. Vznikají vyzařováním přímkového, nebo válcového zdroje. Zdrojem válcové vlny je kmitající nekonečně dlouhý válec se zanedbatelně malým průměrem. Její vlnoplochy tvoří vzájemně souosé válce. [8], [9]



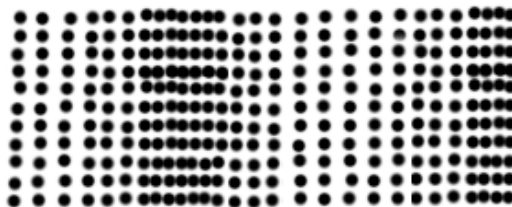
Obr. 4 Válcové ultrazvukové vlny

4.3.2. Druhy vln

Druhy ultrazvukových vln jsou určeny způsobem pohybu částic v prostředí s ohledem na směr postupu vlny. Podle toho rozlišujeme:

- **Podélné vlny (L – longitudinální)** – jedná se o nejznámější a nejčastěji vyskytující se ultrazvukové vlny, využívané aplikacemi aktivního i pasivního ultrazvuku. Částice v prostředí kmitají přímočaře ve směru šíření vlny. Během šíření podélné vlny vzniká střídavé zhušťování (komprese) a zředování částic prostředí. Čímž dochází ke střídavé změně objemu prostředí. Podélné vlny jsou schopny se šířit

všemi prostředím – tuhé, kapalné, plynné. Rozměry prostředí musí být větší než délka vlny. Mezi podélné vlny zahrnujeme tzv. podpovrchové vlny. Jedná se o zvláštní druh podélných vln, které se šíří těsně pod povrchem s rychlostí podélné vlny.



Obr. 5 Šíření podélných vln

- **Příčné vlny (T- transversální)** – jako podélné vlny jsou příčné vlny také využívány aplikacemi aktivního a pasivního ultrazvuku. Částice v prostředí kmitají kolmo na směr šíření vlny. Příčné vlny jsou odolné vůči namáhání ve smyku (tuhé prostředí). V kapalném a plynném prostředí se příčné vlny nešíří, jelikož tato skupenství nekladou odpor smykovému namáhání. Během šíření vln nedochází ke změně objemu prostředí, tudíž nedochází k střídavému zhušťování a zředování, ale dochází k vzájemnému posouvání částic. Rozměry prostředí musí být větší než délka vlny, jako u podélných vln. Rychlost šíření příčných vln je menší než rychlost šíření podélných vln.



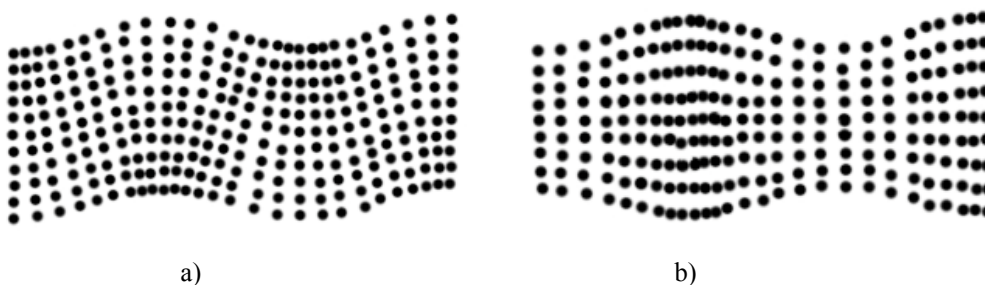
Obr. 6 Šíření příčných vln

- **Povrchové vlny (R – Rayleighovy)** – šíří se na povrchu tuhého prostředí a zasahuje do hloubky zhruba o délce vlny. Jde o vlny, které obsahují jak podélnou, tak i příčnou složku šíření prostředím. Částice těchto složek se pohybují po protáhlé elipse. Podélná složka povrchové Rayleighovy vlny zaniká pod povrchem prostředí rychleji než příčná složka. Podobným typem povrchových vln jsou Loveovy vlny, které se nacházejí v tenkých vrstvách tuhého prostředí pevně spojené s jiným podkladovým tuhým prostředím.



Obr. 7 Šíření povrchových vln

- **Deskové vlny (D – Lambovy)** – šíří se v tuhém prostředí. V defektoskopii slouží ke zkoušení desek a drátů. Rozměry prostředí se musí blížit v jednom, nebo ve dvou směrech délce vlny. Existují dva druhy Lambových (deskových) vln, a to asymetrické vlny (ohybové), kde částice prostředí kmitají příčně na neutrální ose, při čemž na povrchu probíhá pohyb po elipse. A symetrické vlny (dilatační), u kterých částice prostředí kmitají podélně na neutrální ose. Na povrchu probíhá také pohyb po elipse. [8],[9]



Obr. 8 Šíření deskových vln, a) asymetrické vlny, b) symetrické vlny

4.4. Rychlost šíření ultrazvukových vln v prostředí

V každém prostředí (plynném, kapalném, tuhém) šíření ultrazvukových vln vyvolává pravidelné stlačování a zředňování částic prostředí. Tento jev způsobuje střídavé tlakové změny při šíření ultrazvukových vln prostředím. Rychlost šíření ultrazvukových vln v čistých plynech a kapalinách je závislé na tlaku a hustotě a také teplotě prostředí. V plynech a kapalinách se mohou šířit jen podélné vlny, tj. zapříčiněné malými mezimolekulárními vazbovými silami a neschopností klást odpor smykovému namáhání. V tuhých látkách, oproti plynům a kapalinám, je možné šířit všechny druhy ultrazvukového vln. Tuhé látky mají o hodně vyšší mezimolekulární vazbové síly a je možné u nich vyvolat tlakové a smykové namáhání.[8], [9], [14]

4.4.1. Rychlost šíření ultrazvukových vln v plynech

Rychlost šíření ultrazvukových vln v ideálním plynu můžeme vyjádřit vztahem

$$c = x \sqrt{\frac{p}{\rho}} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad [9] \quad (2)$$

kde patmosférický tlak

$x = c_p/c_v$...poměr měrných tepel

ρhustota plynu

Rychlost šíření ultrazvukových vln závisí na teplotě a vlhkosti. Rychlost šíření se zvyšující se vlhkostí stoupá lineárně. Např. při 50% vlhkosti se zvýší rychlost o 1%, při 100% o 2%. [8] Ve víceatomárních plynech dochází k disperzi rychlosti, tj. její závislosti na frekvenci. [8] Zásadní vliv na frekvenční závislost má tepelná relaxace, charakterizovaná zpožděním, neboli dobou relaxace vyjadřující potřebný čas k výměně energie mezi externími a interními stupni volnosti.

4.4.2. Rychlost šíření ultrazvukových vln v kapalinách

Kapalinami se mohou šířit pouze podélné vlny. Výjimkou je velká viskozita, kdy kapalina je schopna klást odpor smykovému namáhání. Rychlost šíření v čistých kapalinách je závislá na hustotě, tlaku a teplotě prostředí, přičemž ultrazvukové vlnění se šíří rychlostí, kterou vyjádříme vztahem

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\beta_{ad} \rho}} = \sqrt{\frac{x}{\beta_{iz} \rho}} \quad (3)$$

kde Kadiabatický modul objemové pružnosti (Pa)

ρhustota

β_{ad}adiabatická stlačitelnost (Pa^{-1})

β_{iz}izotermická stlačitelnost (Pa^{-1})

$x = \beta_{iz} / \beta_{ad} = c_p / c_v$

V závislosti na teplotě rychlost šíření ultrazvukových vln vodou dosahuje maxima při 74°C za normálního atmosferického tlaku. S vyšší teplotou rychlost šíření klesá. Stoupající tlak zvyšuje rychlost šíření v kapalinách. Ve vodě rychlost šíření ultrazvukových vln stoupá o 0,1% na 1MPa. Což znamená, že v praxi je vliv tlaku na rychlost šíření ultrazvukových vln vodou zanedbatelný. Rychlost šíření ultrazvukových vln v roztocích, suspenzích, nebo směsích je závislá na koncentraci jednotlivých složek.

4.4.3. Rychlost šíření ultrazvukových vln v tuhých látkách

Díky vyšším meziatomárním vazebním silám se mohou tuhým prostředím šířit všechny druhy ultrazvukových vln. Některé tuhé látky mohou být anizotropní nebo izotropní. Anizotropní tuhé látky jsou např. krystaly. Anizotropnost krystalů způsobuje, že šíření ultrazvukových vln je závislé na orientaci. Izotropické tuhé látky rozdělujeme na amorfní, kde struktura mřížky je podobná kapalinám a polykrystalické, kde je velký počet krystalických zrn orientován náhodně.

Rychlost šíření podélných ultrazvukových vln v tuhém prostředí je závislé na vlnové délce a rozměru prostředí tuhé látky. Rozměr prostředí je buďto neohraničený a nebo má jeden, nebo oba rozměry ohraničený.

Rychlost šíření podélných ultrazvukových vln:

- a) **v neohraničeném prostředí** – působí ve směru šíření na ultrazvukové vlny v celém prostředí tlak a tah.

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad [9] \quad (4)$$

kde E ... modul pružnosti v tahu (Pa)

ρ ... hustota

μ ... Poissonovo číslo

- b) **v ohraničeném prostředí s ohraničeným jedním rozměrem** – ohraničení jednoho rozměru šíření ultrazvukových vln v praxi představuje desku.

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{1-\mu^2}} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad [9] \quad (5)$$

c) **v ohraničeném prostředí s ohraničenými dvěma rozměry** – v tomto případě ohraničení obou rozměrů v praxi představuje tyč.

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad [9], [8] \quad (6)$$

Rychlost šíření příčných ultrazvukových vln je ovlivněno modulem pružnosti ve smyku.

$$c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1+\mu)}} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad [8] \quad (7)$$

kde G....modul pružnosti ve smyku (Pa)

Poměr rychlosti šíření podélných a příčných ultrazvukových vln je závislý na Poissonově čísle μ :

$$\frac{c_T}{c_L} = \sqrt{\left(\frac{1-2\mu}{2(1+\mu)} \right)} \quad [8] \quad (8)$$

4.5. Útlum ultrazvukového vlnění

Ultrazvukové vlnění procházející reálným prostředím ztrácí energii a zároveň akustický tlak. Tento děj je ovlivněn vlastnostmi reálného prostředí a vzrůstající vzdáleností od ultrazvukového zdroje. Příčinou útlumu ultrazvukového vlnění je absorpce ultrazvukových vln, nebo geometrické faktory – odraz, lom, ohyb a rozptyl. Absorpce ultrazvukových vln je reálná ve všech skupenstvích. Jedná se o přeměnu mechanické energie v tepelnou. Přeměna energie je způsobená vnitřním třením kmitajících částic. Odraz, lom, ohyb a rozptyl se nejčastěji vyskytuje v nehomogenních a polykrytalických prostředích s neideálními elastickými vlastnostmi. Dopad ultrazvukové vlny na jednotlivé rozhraní v nehomogenní látce zapříčiňuje útlum rozptylem. [14], [16]

Útlum ultrazvukového vlnění v tuhých látkách způsobují ztráty pohlcováním (absorbci) a rozptylem. U tuhých látek je útlum podélných vln větší než útlum příčných vln. Ztráty při absorpci jsou vyvolané vnitřním třením, neboli termickým jevem a elastickou hysterzi.

$$\alpha = \alpha_p + \alpha_r \quad [14] \quad (9)$$

kde α_pútlum absorpci (pohlcováním)

α_rútlum rozptylem

Útlum ultrazvukového vlnění v kapalinách a plynech je ovlivněn viskozitou prostředí (vnitřním třením), vedením tepla a absorpčními mechanismy mezi molekulami. Útlum způsobený viskozitou je nejtýpější pro kapaliny. Útlum viskozitou je úzce spjat s teplotou. Nachází-li se v kapalinách cizí částice (např. disperzní roztok), tak může také docházet k útlumu rozptylem.

$$\alpha = \alpha_v + \alpha_T = af^2 \quad [14] \quad (10)$$

kde α_vútlum viskozitou prostředí

α_Tútlum tepelnou vodivostí

4.6. Ultrazvukové zdroje

Ultrazvukové zdroje jsou tzv. měniče. Měníče slouží k přeměně např. kinetické, nebo elektrické energie na ultrazvukovou energii a vyzařují tuto energii do pracovního prostředí. Podle původu přeměněné energie rozeznáváme měniče mechanické a měniče elektromechanické:

- mechanické – píšťaly
 - sirény
- elektromechanické – magnetostrikční
 - piezoelektrické
 - elektrodynamické
 - elektrostatické

- termomechanické
- optické

4.6.1. Mechanické měniče

Mechanické měniče patří mezi první zdroje ultrazvukové energie s jednoduchou konstrukcí. V současnosti jsou využívány jen zřídka v některých aplikacích pro plynné a kapalně prostředí. Mechanické měniče přeměňují kinetickou energii rychle tekoucích plynů, nebo kapalin na zvukovou či ultrazvukovou energii.

- a) **Píšťaly** – nejjednodušší typ měniče v oblasti mechanických měničů. Píšťaly se používají pro plynné prostředí s výjimkou kapalinové píšťaly. Ultrazvuková energie vzniká přeměnou kinetické energie a to tak, že proud vzduchu o určité rychlosti naráží na ostrou hranu vnitřní dutiny píšťaly. Proud vzduchu se o vnitřní dutinu píšťaly roztříští a tím se píšťala periodicky rozkmitá. Frekvence zvukového signálu je dána rozměrem dutiny. Čím menší rozměr, tím vyšší frekvence zvukového signálu.
- b) **Sirény** – pracují v plynném prostředí a jsou zdrojem zvukových signálů. Siréna se skládá z diskového statoru a rotoru. Po obvodu rotoru a statoru je mnoho otvorů, kterými prochází vzduch. Během otáčení rotoru se otvory na rotoru kryjí s otvory na statoru v určitých časových momentech. Což způsobuje periodické přerušování proudu vzduchu procházejícího přes otvory. Frekvence takto vytvořené ultrazvukové energie je závislá na počtu otvorů a otáček rotoru. Sirény našly své uplatnění např. při urychlení chemických reakcí, nebo koagulaci tuhých částic v plynech a ve vzduchu.

4.6.2. Elektromechanické měniče

Elektromechanické, neboli elektroakustické měniče jsou zařízení přeměňující elektrickou energii na ultrazvukovou energii. Měníče jsou napájeny generátory. K vyzařování ultrazvukové energie do prostředí je zapotřebí vysílače. Elektromechanické měniče také slouží obrácenému chodu, a to k přeměně ultrazvukové energie na elektrickou energii. V tomto případě, místo vysílače, je zapotřebí přijímače. Elektromechanické měniče s vysílačem se používají v technologických procesech. Elektromechanické měniče s přijímačem nachází uplatnění při kontrole v

technologických procesech a měření. Nejpoužívanější elektromechanické měniče jsou piezoelektrické měniče a magnetostrikční měniče.

- a) **Magnetostrikční měniče** – jedná se o elektromechanické měniče, které využívají magnetostrikční jev k přeměně elektrické energie na mechanickou kmitavou energii a naopak. Magnetostrikční měniče jsou využívány pro nízké ultrazvukové frekvence (např. zkoušení betonu, nebo keramiky). Na výrobu magnetostrikčních měničů se používají feromagnetické materiály, a to hlavně nikl, kobalt, permalloy (Fe+Ni), permendur (49%Fe+49%Co+2%V) a ferity (keramické oxidy). Využívaný magnetostrikční jev pracuje na principu deformace. V tomto případě hovoříme o deformaci, kdy měnič mění svůj tvar a nebo objem vlivem působení magnetického pole. Deformace může být jednoosá, což má za následek prodloužení a následné zkrácení. A nebo poměrně malá objemová deformace.
- b) **Piezoelektrické měniče** – jsou elektromechanické měniče přeměňující elektrickou energii na mechanickou kmitavou energii za pomoci piezoelektrického jevu. Podobně jako u magnetostrikce piezoelektrické měniče využívají deformaci, která je potřebná k přeměně elektrické energie na ultrazvukovou energii. Při mechanické deformaci některých krystalů vzniká na jejich povrchu elektrický náboj, jehož velikost je přímo úměrná deformaci. [15] Při deformaci dojde k posunutí negativních a pozitivních iontů po krystalické mřížce, čímž vznikne náboj. Tento jev se využívá k příjmu ultrazvukových vln. Piezoelektrické vlastnosti má např. křemen, turmalin, Seignettova sůl, nebo uměle vytvořený niobát lithia, metaniobát olova a lithiumsulfát.
- c) **Elektrodynamické měniče** – využívají Lorentzovu sílu, která vzniká při magnetoinduktivních jevech. Ultrazvukové vlny mají stejnou frekvenci jako střídavý proud. Působením na měnič magnetem, nebo elektromagnetem dojde k rozkmitání krystalické mřížky materiálu. Elektrodynamické měniče se skládají z cívky a elektricky vodivého materiálu.
- d) **Elektrostatické měniče** – používají se pro vysílání a příjem velmi krátkých impulsů v laboratorním prostředí.
- e) **Termomechanické měniče** – pracují za pomoci mikrovln, nebo laseru. Jako přijímač slouží druhý laser. Použití termomechanického měniče je omezeno na laboratorní zkoušení.

- f) **Optické měniče** – jsou určeny k zobrazení celého ultrazvukového pole. Jako zdroj světla je využíván laser, který vysílá fokusovaný svazek monochromatického světla. Tímto způsobem se dají zobrazit Rayleighovy vlny na povrchu tuhé látky. [8], [15]

4.7. Využití ultrazvuku

Aplikace ultrazvuku, neboli ultrazvukových vln je velmi rozmanitá. Praktické využití ultrazvuku lze uplatnit v mnoha vědních a technických oborech, např.:

- chemický průmysl – výroba emulzí, výroba disperzí, urychlení reakcí, analýza kapalin, vyhánění vzduchu z roztoků, rozpouštění špatně rozpustných krystalků
- potravinářský průmysl – emulgace potravin
- kosmetický průmysl – emulgace kosmetických přípravků
- stavebnictví – defektoskopie
- strojírenství – svařování, řezání slitin, čištění
- geofyzika – měření tloušťek, měření elastických konstant, měření mechanického napětí, měření statických tlaků, měření výšky hladin kapaliny
- zdravotnictví – diagnostika (např. sledování vývoje plodu v těhotenství), odstranění ledvinových kamenů, estetická chirurgie (odstranění celulitidy)
- letecký průmysl – defektoskopie
- **textilní průmysl** – zušlechťování (enzymatická předúprava, příprava osnovních přízí před šlichtováním, bělení), barvení, praní pomocí ultrazvuku (je stále předmětem výzkumu), sušení, finální úpravy

V aplikacích pro textilní průmysl se využívá kavitace. Jedná se hlavně o mokré procesy, např. barvení, praní pomocí ultrazvuku. [15], [16], [17]

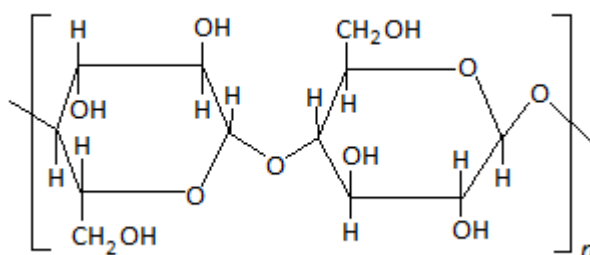
4.7.1. Kavitace

Kavitace je jev, kdy za působení ultrazvuku vzniká lokální pokles tlaku v kapalině. Tento jev způsobuje mikroskopické lokální roztrhnutí kapaliny, dojde k narušení celistvosti kapaliny a vznikne dutinka, neboli bublina (kaverna). Následuje uzavření dutinky. Během vzniku bubliny dojde v podtlaku k vypaření kapaliny a to způsobuje, že bublina je vyplněná vodními parami a nebo plyny.

Při malé intenzitě ultrazvukového pole se tvoří malé bublinky s průměrem přibližně 0,1mm, při zvyšování intenzity ultrazvukového pole se bublinky začnou spojovat s rozpuštěným plynem v kapalině. Díky působení tlaku vytvořeného ultrazvukovým zářením se bublinky začnou pohybovat směrem k hladině kapaliny. Tímto dochází k odplynování kapaliny. Odplynování kapaliny je tzv. nepravá kavitace, pravá kavitace vzniká až v odplyněné kapalině. Periodické tlakové změny vyvolané ultrazvukovým zářením působí na vzniklé bubliny a v rytmu frekvence akustického tlaku mění svoji velikost. [16]

5. Barvení celulóзовých vláken

Celulóza a její deriváty patří mezi nejrozšířenější makromolekulární látky v přírodě (rostliny). Z chemického hlediska celulóza je polysacharid se základní stavební jednotkou β -D-glukopyranosa.



Obr. 9 Chemický vzorec celulózy

Hydroxylové skupiny $-OH$ způsobují reakce celulózy s barvivy, či jinými prostředky např. pro nemačkové úpravy. Hydroxylové skupiny jsou hydrofilní. Je rozpustná bez degradace jen v několika rozpouštědlech, toho se využívá pro výrobu viskóзовých, mědnatých a lyocelových vláken.

Přestože celulóza je ve vodě nerozpustná, tak vliv vody na celulózu způsobuje bobtnání, a to má vliv při barvení. Roztoky alkalických hydroxidů zvyšují bobtnání celulózy. To vyvolává změnu struktury, změnu vlastností celulóзовých vláken a zvyšuje barvitelnost. Nestejnoměrné bobtnání způsobuje nestejnoměrné vybarvení.

Barvitelnost celulóзовých vláken závisí na chemickém složení celulózy, na uspořádání makromolekul ve vláknech a na původu celulózy. Přírodní celulózová vlákna mají větší krystalický podíl a vyšší orientaci než vlákna z regenerované celulózy

(lyocelová vlákna), což ovlivňuje jejich barvitelnost. Barvitelnost vláken z regenerované celulózy je ovlivněna vlastnostmi, které jsou závislé na průměrném polymeračním stupni a na nadmolekulární struktuře. Vlákná z regenerované celulózy v zásadách silně bobtnají. Nekonečná vlákna z regenerované celulózy mají tendenci k pruhovitému neegálnímu vybarvení.

Přírodní celulózová vlákna (bavlna, len) před barvením musí projít předúpravou – opalování, odšlichtování, mercerace, alkalická vyvážka, bělení. Vlákná z regenerované celulózy se předupravovat nemusejí, z výroby vycházejí již čistá. [26], [19]

5.1. Přímá (substantivní) barviva

Přímá barviva, též substantivní jsou jednoduše aplikovatelná a levná barviva. Ve vodě jsou přímá barviva dobře rozpustná díky sulfoskupinám přítomných v molekule barviva. Dlouhá lineární molekula obsahuje sulfoskupiny, aminoskupiny a hydroxylové skupiny. Dobře barví celulózová vlákna, polyamidová vlákna a proteinová vlákna. Jedná se o disazobarviva, triazobarviva a výjimečně o tetraazobarviva. K zrychlení reakce a zlepšení vaznosti barviva na vlákno se do vodných roztoků přidávají elektrolyty – NaCl, Na₂SO₄. Vytvořená vazba mezi barvivem a vláknem je převážně uskutečněná pomocí vodíkových můstků a nepolárních van der Waalsových sil.

Velké molekuly a poměrně složitá spektra přímých barviv vedou k nepříliš čistým odstínům. Stálosti barviva za mokra jsou nízké, a proto je nutné po barvení obarvený materiál ustalovat v lázni kationaktivního ustalovacího prostředku. U nás znám pod názvem Syntefix. Ustalovací prostředek snižuje rozpustnost barviva.

Přímá barviva lze také použít k barvení kůže, papíru a k výrobě polygrafických barviv. [19], [20]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6. Cíl práce

Experimentální část se zabývala využitím ultrazvuku pro textilní aplikace, respektive jeho vlivem na lyocelová vlákna. Předmětem experimentální části bylo zjistit jaké vlastnosti má lyocelové vlákno po působení ultrazvukovými vibracemi. Vliv zjišťovaných vlastností byl dále ovlivněn různými parametry (tj. koncentrací lázni a délkou ponechání lyocelového materiálu v lázni).

6.1. Použité přístroje a pomůcky

6.1.1. Ultrazvuk Sonopuls Bandelin

Technické údaje přístroje [23]:

- výkon 200 W
- frekvence jednotné zvukové vlny 20 kHz
- napájení 230 V, 50/60 Hz
- nastavení času do 9 h : 59 min : 59 s
- průměr titanové sonotrody 13mm
- objem lázně 20 – 900 ml

Ultrazvukový homogenizátor Sonopuls Bandelin je možné využívat pro chemické a sonochemické aplikace, biologické a medicínské aplikace a pro technické a analytické aplikace. Přístroj se skládá ze sonotrody propojenou s měřicí jednotkou. [23]



Obr. 10 Ultrazvukový homogenizátor Sonopuls Bandelin

6.1.2. FX 3300 – Air Permeability Tester III.

Technické údaje přístroje [21]:

- měřící řada 1 – 10000 l/m²/s v 20 cm² testovací oblasti
- přesnost měření $\pm 3\%$
- automatický test tlaku
- projekce upínacího ramene 50cm
- napájení 230 V, 50 – 60 Hz, max. 100 W

Přístroj FX 3300 – Air Permeability Tester III. se skládá ze základního stolu, ve kterém je umístěná a zakrytovaná vakuová pumpa. Na základním stole je měřící jednotka s displejem a upínací rameno s hlavicí. Zařízení je možné nastavit dle norem. [21]

6.1.3. Alambeta

Technické údaje přístroje [22]:

- přítlak hlavice 100 – 1000 Pa
- doba měření 10 – 100 s
- příkon 60 W
- měření – tepelná jímavost, teplotní odpor, poměr maximálního ustáleného tepelného toku, tepelný tok, měrná tepelná vodivost, teplotní vodivost, tloušťka

Zařízení Alambeta je počítačem řízený komerční poloautomat, který je schopen vypočítat statistické parametry měření. Alambeta obsahuje autodiagnostický program pro zabránění chybných operacích zařízení. [22]

6.1.4. Spektrofotometr Datacolor Spectraflash SF600

Spektrofotometr Datacolor Spectraflash SF600 je zařízení k měření barevnosti materiálů. Přístroj je kompatibilní s počítačovým programem, který statisticky zpracovává naměřené hodnoty.

6.1.5. Další přístroje

- Analytické váhy
- Mikropipeta s nastavitelným objemem

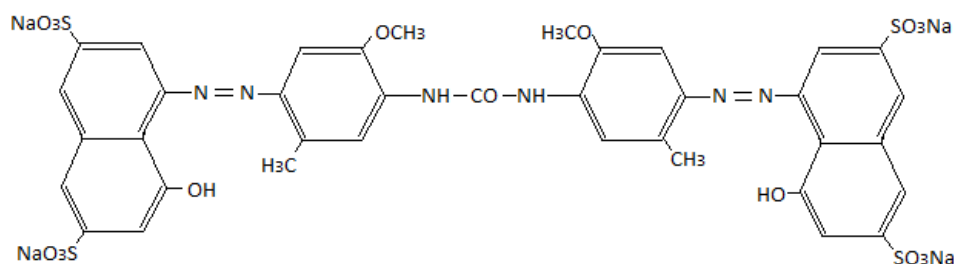
6.2. Použité chemikálie a barviva

Použité chemikálie:

- NaOH – silně zásaditá anorganická sloučenina, bílá látka ve formě peciček
- Na₂CO₃ – (soda), anorganická sloučenina, bílá látka ve formě prášku

Použité barvivo:

- Přímé barvivo – Saturnová červeně L4B (C. I. Direct red 79)



Obr. 11 Chemický vzorec Saturnové červeně L4B (C. I. Direct red 79)

6.3. Použitý materiál

- Tkanina - lyocel/viskóza (osnova- lyocel/viskóza, útek – lyocel)
 - vazba – třívazný kepr
 - dostava 374 osnovních / 476 útkových přízí na 10cm²
 - 120 g/m²

7. Příprava vzorků

7.1. Příprava a aplikace lázní

Pro experimenty byli připraveny dvě skupiny lázní, a to NaOH a Na₂CO₃. Každá skupina obsahovala lázně o koncentracích:

NaOH – 0,1g/l

Na₂CO₃ – 0,1g/l

1g/l

1g/l

5g/l

5g/l

10g/l

10g/l

20g/l

20g/l

40g/l

40g/l

Roztoky byly připraveny do 50ml skleněných lahviček, do kterých se následně vkládaly vzorky tkaniny (lyocel/viskóza) o rozměrech 10x10 cm.

7.2. Příprava vzorků – fibrilace lyocelových vláken ultrazvukovým homogenizátorem

Zbobtnalé vzorky tkaniny (lyocel/viskóza) připravené do dvou skupin roztoků (NaOH, Na₂CO₃) o různých koncentracích po uplynutí stanovené doby bobtnání byli všechny postupně vystaveny působení ultrazvukovému vlnění v ultrazvukovém homogenizátoru. Časové intervaly vzorků v lázních najdeme v tab. 2.

NaOH						Na₂CO₃					
0,5 hodiny						0,5 hodiny					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
1 hodina						1 hodina					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
2 hodiny						2 hodiny					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
48 hodin						48 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
72 hodin						72 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
96 hodin						96 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
144 hodin						144 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
192 hodin						192 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
264 hodin						264 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
360 hodin						360 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l
744 hodin						744 hodin					
40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l	40g/l	20g/l	10g/l	5g/l	1g/l	0,1g/l

Tab. 2 Čas a koncentrace lázní

Postup fibrilace:

- a) do kádinky o průměru 6 cm nasypeme skleněné varné kuličky, tak aby pokryli dno kádinky
- b) do kádinky přelijeme lázeň ve které vzorek tkaniny bobtnal a do kádinky vložíme zbobtnalý vzorek tkaniny (lyocel/viskóza)
- c) vzorek tkaniny (lyocel/viskóza) rozložíme po dně kádinky a zatížíme měděným drátem stočeným do kruhu
- d) do kádinky dolijeme 100 ml destilované vody
- e) naplněnou kádinku vložíme do ultrazvukového homogenizátoru a sonotrodu ponoříme 1 cm do lázně
- f) ultrazvukový homogenizátor nastavíme na 50% intenzitu a necháme působit po dobu 1 minuty
- g) kádinku se vzorkem vyjmeme z ultrazvukového homogenizátoru
- h) vzorek vyjmeme z lázně, propláchneme a necháme usušit



Obr. 12 Fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) ultrazvukovým homogenizátorem

Před vložení kádinky do ultrazvukového homogenizátoru byla změřena teplota lázně a během působení ultrazvukového homogenizátoru na vzorky byla také změřena teplota lázně. Počáteční teplota lázně byla 21°C, během fibrilace pomocí ultrazvukového homogenizátoru stoupla na 24°C.

8. Vliv ultrazvuku na vlastnosti tkaniny

8.1. Vliv ultrazvuku na lyocelová vlákna

Předmětem tohoto experimentu bylo zjistit jaký má vliv ultrazvukové vlnění na fibrilaci lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza). Vliv ultrazvuku na lyocelová vlákna v tkanině byl posuzován pomocí elektronového mikroskopu.

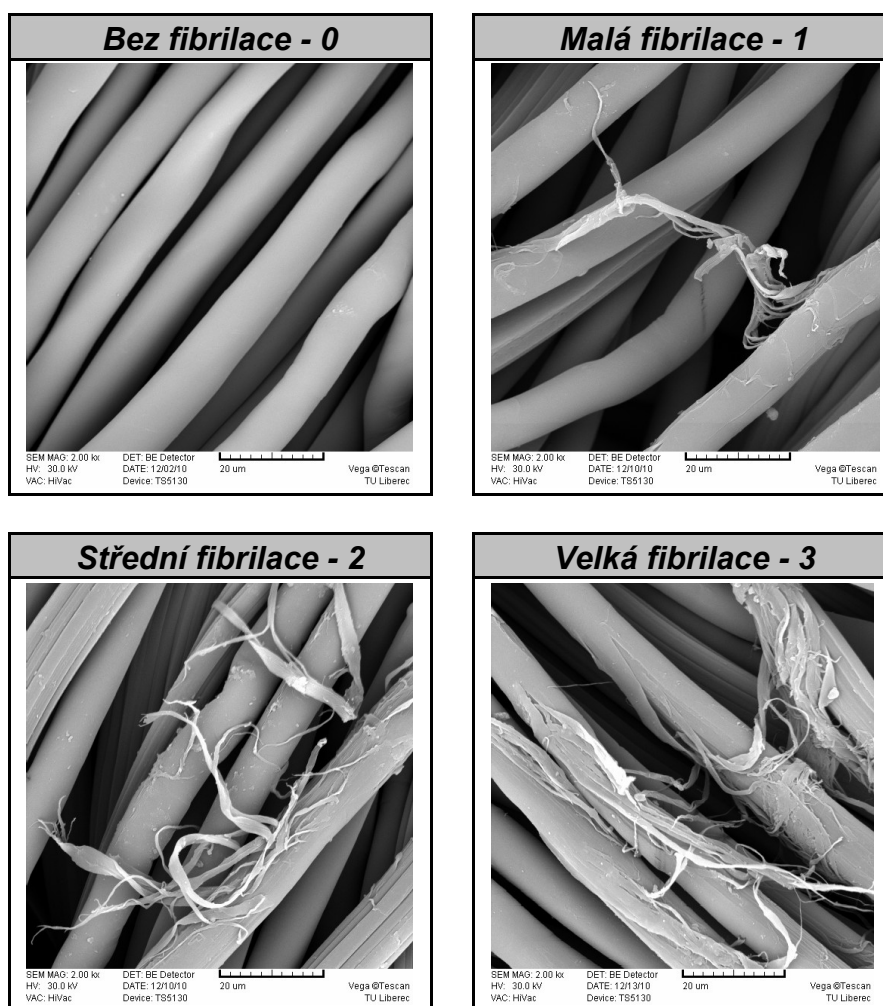
K experimentu byly použity vzorky připravené z tkaniny (lyocel/viskóza) o rozměrech 10x10 cm. Byla připravena 1 skupina vzorků bobtnaných v lázni NaOH a 1 skupina vzorků bobtnaných v lázni Na₂CO₃ po 11 lázních. Každá skupina obsahovala stejnou škálu stanoveného času bobtnání lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) jak pro NaOH, tak i pro Na₂CO₃.

Čas bobtnání lyocelových vláken v tkanině:

NaOH – 0,5 h	Na ₂ CO ₃ – 0,5 h
1 h	1 h
2 h	2 h
48 h	48 h
72 h	72 h
96 h	96 h
144 h	144 h
192 h	192 h
264 h	264 h
360 h	360 h
744 h	744 h

Do lázní NaOH a Na₂CO₃ byly postupně vkládány vzorky tkaniny (lyocel/viskóza), dle stanovených časových intervalů bobtnání lyocelového vlákna v tkanině. Po uplynutí doby bobtnání lyocelového vlákna v tkanině byly vzorky podrobeny ultrazvukovému vlnění v ultrazvukovém homogenizátoru po dobu 1 minuty při intenzitě 50%. Po té vzorky byly vyjmuty z lázně, propláchnuty a usušeny.

K posouzení fibrilace lyocelového vlákna v tkanině byla stanovena škála fibrilace, podle které byly vzorky hodnoceny.



Tab. 3 Škála fibrilace lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza)

8.1.1. Výsledky fibrilace

V tab. 4 jsou vyhodnoceny výsledky z elektronové mikroskopie. Vyhodnocování se provádělo podle snímků z elektronové mikroskopie (viz. příloha tab. 1)

	0,5 h	1 h	2 h	48 h	72 h	96 h	144 h	192 h	264 h	360 h	744 h
NaOH	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1
Na₂CO₃	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1

Tab. 4. Výsledky fibrilace lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza)

8.1.2. Diskuze výsledků – vliv ultrazvuku na lyocelová vlákna

Podle výsledků fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) ultrazvukovým homogenizátorem v tab. 4 vidíme, že došlo maximálně ke střední fibrilaci. Jako účinnější bobtnací lázeň se zdá být NaOH lázeň. U většiny vzorků došlo k malé fibrilaci. Fibrilace se začala zvětšovat s delší časovou délkou bobtnání v lázni, hlavně v bobtnací lázni NaOH.

8.2. Vliv ultrazvuku na savost

Na připravených vzorcích podrobených ultrazvukovému vlnění byl proveden pokus na savost. Cílem experimentu bylo zjistit jaký má vliv ultrazvukové vlnění (fibrilace lyocelového vlákna v tkanině), druh lázně (NaOH, Na₂CO₃) a koncentrace na savost materiálu.

K experimentu byly použity všechny připravené vzorky (viz. Tab. 2). Experiment byl uskutečněn pomocí dvou Petriho misek, aby se testovaný materiál nedotýkal podložky a neovlivňoval rychlost sání kapaliny. Na každý vzorek byla postupně pomocí mikropipety kápnuta kapka destilované vody o 100μl a každá kapka byla poměřena dvakrát (průměr kapky + kolmý průměr kapky=celkový průměr kapky) pro časy po 10 sekundách, 30sekundách a 60sekundách.

8.2.1. Výsledky naměřených hodnot:

Neupravený vzorek		
10s	30s	60s
3,8	4,3	4,6

Tab. 5 Výsledky měření savosti neupraveného vzorku [cm]

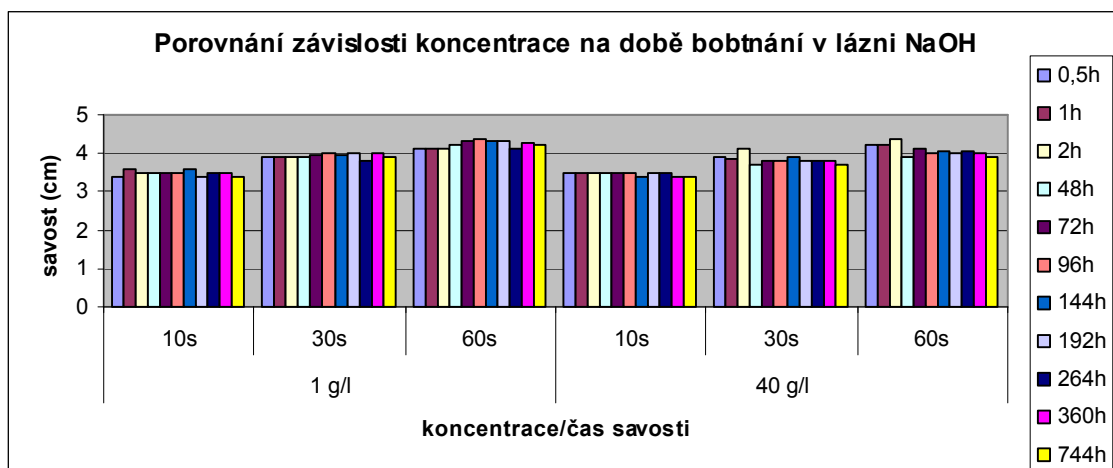
	NaOH								
	0,1 g/l			1 g/l			5 g/l		
	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
0,5h	3,4	3,9	4,1	3,4	3,9	4,2	3,5	4	4,1
1h	3,6	3,9	4,1	3,5	3,95	4,3	3,5	3,8	4,2
2h	3,5	3,9	4,1	3,4	3,8	4,1	3,5	3,8	4,1
48h	3,5	3,9	4,2	3,5	4	4,25	3,5	3,9	4,2
72h	3,5	3,95	4,3	3,6	4	4,2	3,6	3,8	4,3
96h	3,5	4	4,4	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,2

144h	3,6	3,95	4,3	3,5	3,9	4,15	3,5	3,8	4,1
192h	3,4	4	4,3	3,5	3,9	4,1	3,5	3,8	4,1
264h	3,5	3,8	4,1	3,5	4	4,4	3,5	3,9	4,1
360h	3,5	4	4,25	3,5	3,95	4,1	3,5	3,8	4,05
744h	3,4	3,9	4,2	3,5	3,9	4,1	3,5	3,9	4,2
NaOH									
10 g/l			20 g/l			40 g/l			
	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
0,5h	3,8	4	4,3	3,5	3,8	4,2	3,5	3,9	4,2
1h	3,6	4,1	4,2	3,5	3,9	4,1	3,5	3,85	4,2
2h	3,5	3,9	4,1	3,5	4	4,1	3,5	4,1	4,35
48h	3,6	4	4,2	3,5	4	4,1	3,5	3,7	3,9
72h	3,6	4,05	4,2	3,5	3,9	4	3,5	3,8	4,1
96h	3,5	3,9	4,1	3,5	3,9	4	3,5	3,8	4
144h	3,5	3,9	4,1	3,5	3,8	4	3,4	3,9	4,05
192h	3,4	3,9	4,1	3,4	3,7	3,9	3,5	3,8	4
264h	3,5	4	4,1	3,5	3,7	4	3,5	3,8	4,05
360h	3,5	3,9	4,2	3,5	3,8	4	3,4	3,8	4
744h	3,5	4,2	4,25	3,5	3,75	4,1	3,4	3,7	3,9

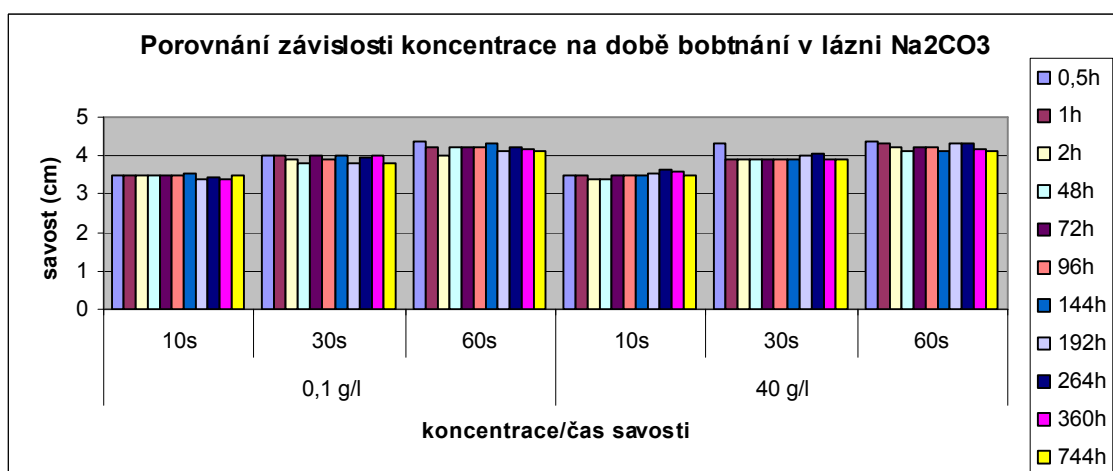
Tab. 6 Výsledky měření savosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v NaOH [cm]

Na₂CO₃									
0,1 g/l			1 g/l			5 g/l			
	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
0,5h	3,5	4	4,4	3,6	4	4,5	3,5	3,8	4,2
1h	3,5	4	4,2	3,5	4	4,25	3,6	4	4,35
2h	3,5	3,9	4	3,6	4	4,3	3,5	3,9	4,2
48h	3,5	3,8	4,2	3,6	3,9	4,2	3,5	3,9	4,2
72h	3,5	4	4,2	3,5	3,95	4,2	3,5	3,9	4,2
96h	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,2	3,4	3,8	4,2
144h	3,55	4	4,3	3,5	4	4,2	3,5	3,85	4,1
192h	3,4	3,8	4,1	3,45	3,95	4,2	3,6	4,1	4,35
264h	3,45	3,95	4,2	3,5	4,1	4,2	3,5	3,9	4,3
360h	3,4	4	4,15	3,6	3,95	4,2	3,5	3,8	4,15
744h	3,5	3,8	4,1	3,5	3,8	4,1	3,6	3,9	4,2
Na₂CO₃									
10 g/l			20 g/l			40 g/l			
	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
0,5h	3,6	4,1	4,4	3,6	4	4,6	3,5	4,3	4,4
1h	3,5	4	4,2	3,5	3,8	4,2	3,5	3,9	4,3
2h	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,1	3,4	3,9	4,2
48h	3,5	3,9	4,1	3,5	3,9	4,1	3,4	3,9	4,1
72h	3,5	3,9	4,1	3,5	3,8	4,1	3,5	3,9	4,2
96h	3,5	3,9	4,2	3,5	3,6	4	3,5	3,9	4,2
144h	3,5	3,8	4,1	3,5	3,8	4,1	3,5	3,9	4,1
192h	3,65	4,05	4,2	3,4	3,8	4	3,55	4	4,3
264h	3,5	3,95	4,1	3,7	4,05	4,3	3,65	4,05	4,3
360h	3,45	3,7	4	3,3	3,75	3,95	3,6	3,9	4,15
744h	3,4	3,8	4,1	3,4	3,8	4,1	3,5	3,9	4,1

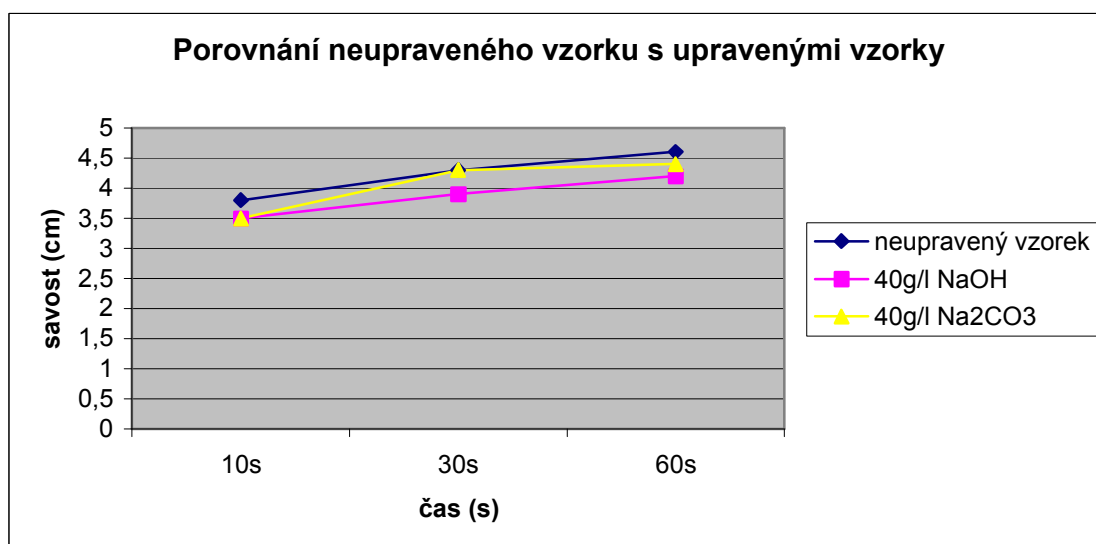
Tab. 7 Výsledky měření savosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v Na₂CO₃ [cm]



Graf 1 Porovnání závislosti koncentrace na době bobtnání v lázni NaOH



Graf 2 Porovnání závislosti koncentrace na době bobtnání v lázni Na₂CO₃



Graf 3 Porovnání neupraveného vzorku s upravenými vzorky

8.2.2. Diskuze výsledků – savost

Na grafu 1 a 2 je porovnání nejnižší použité koncentrace s nejvyšší použitou koncentrací pro lázně NaOH a Na₂CO₃. V obou dvou případech je zřejmé, že koncentrace a také doba bobtnání lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) nemá vliv na savost. Na grafu 3 je znázorněna změna vůči neupravenému vzorku. Otázkou zůstává zda na upravený vzorek má vliv fibrilace pomocí ultrazvukového homogenizátoru či alkálie.

8.3. Vliv ultrazvuku na prodyšnost

Záměrem experimentu bylo zjistit vliv ultrazvukového vlnění na prodyšnost tkaniny (lyocel/viskóza). Prodyšnost byla testována na přístroji FX 3300 Air Permeability Tester III.. Na přístroji byl nastaven tlak 100 Pa a vzorky byly měřeny na ploše 20 cm². Pro experiment byly použity všechny připravené vzorky (viz. Tab. 2) a každý vzorek byl podroben zkoušce na prodyšnost.

Pomocí upínacího ramene byl každý vzorek tkaniny (lyocel/viskóza) upnut do testovací hlavice a proměřen. Měření prodyšnosti probíhalo ihned po upnutí vzorku do testovací hlavice při konstantním tlakovém spádu. Naměřené hodnoty byly zobrazeny na displeji přístroje.

8.3.1. Výsledky naměřených hodnot

Neupravený vzorek	546
--------------------------	-----

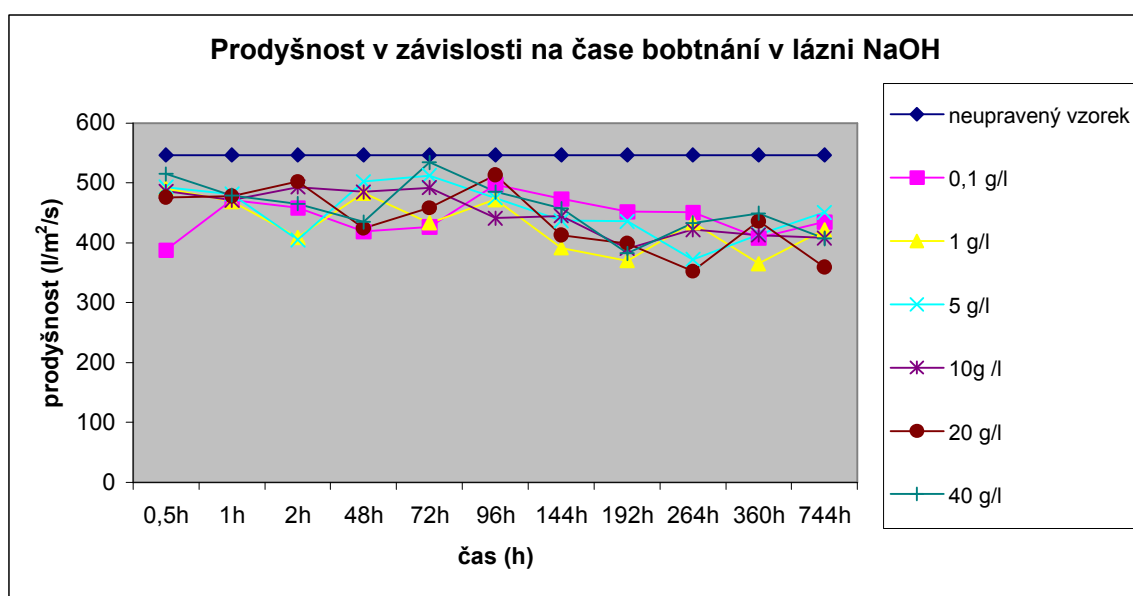
Tab. 8 Výsledky měření prodyšnosti neupraveného vzorku [l/m²/s]

	NaOH										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1 g/l	388	471	458	419	427	497	473	452	451	408	435
1 g/l	491	469	409	483	433	472	391	370	434	365	422
5 g/l	493	481	405	502	512	475	437	436	372	414	451
10g /l	486	471	493	485	492	441	445	390	422	413	408
20 g/l	476	478	502	424	458	513	413	399	352	436	359
40 g/l	515	479	465	435	534	485	457	382	433	449	407

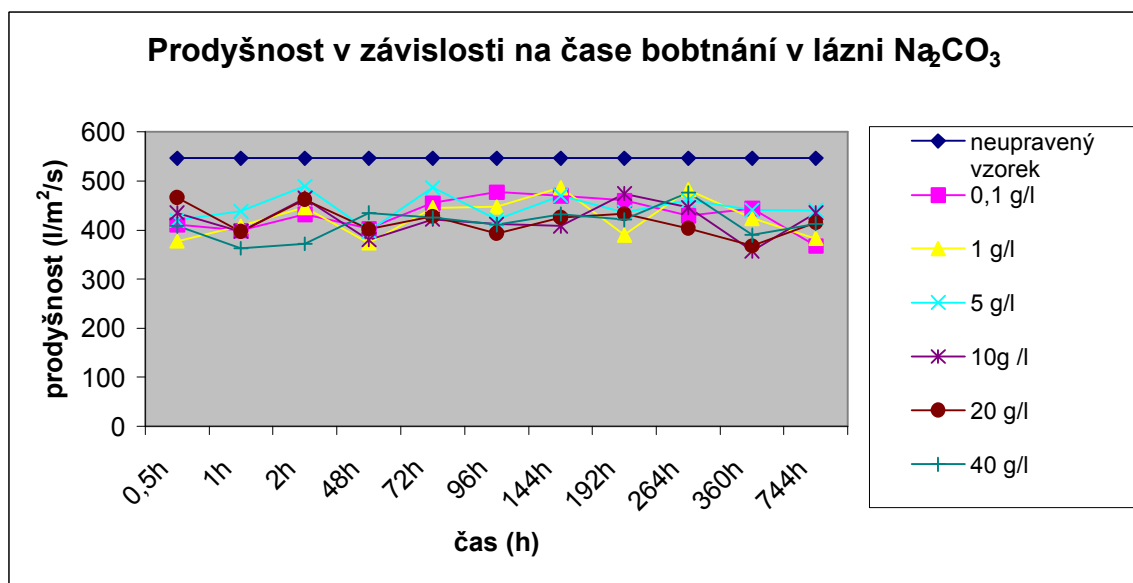
Tab. 9 Výsledky měření prodyšnosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v NaOH [l/m²/s]

	Na₂CO₃										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	246h	360h	744h
0,1 g/l	411	399	432	403	455	477	470	460	430	444	368
1 g/l	377	408	446	374	445	447	486	390	482	424	383
5 g/l	420	438	489	398	486	421	470	436	460	441	440
10g /l	435	397	465	380	422	412	408	474	446	357	435
20 g/l	466	397	462	402	428	393	426	433	404	367	415
40 g/l	408	363	372	435	425	411	432	421	476	390	413

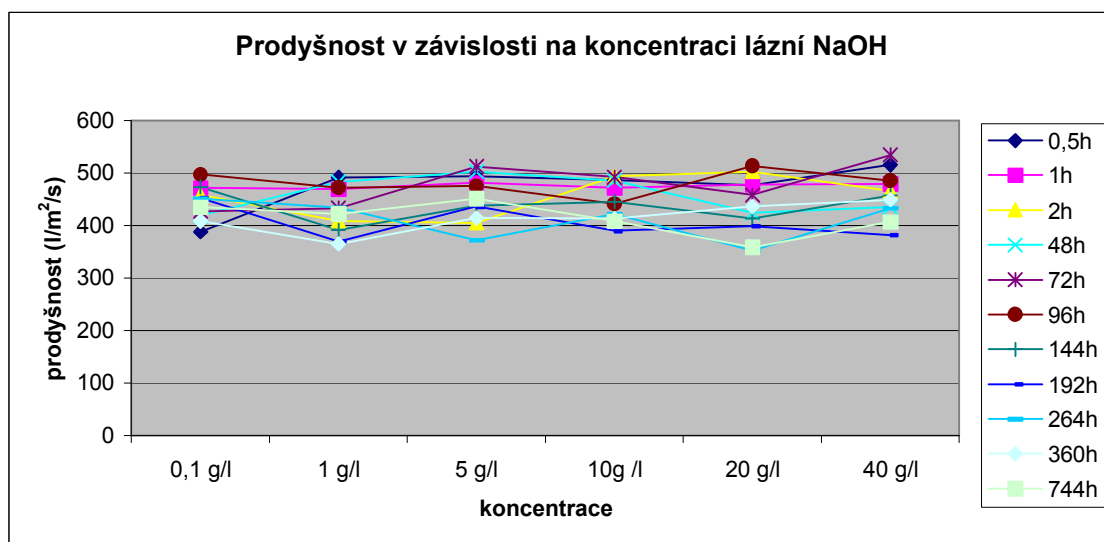
Tab.10 Výsledky měření prodyšnosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v Na₂CO₃ [l/m²/s]



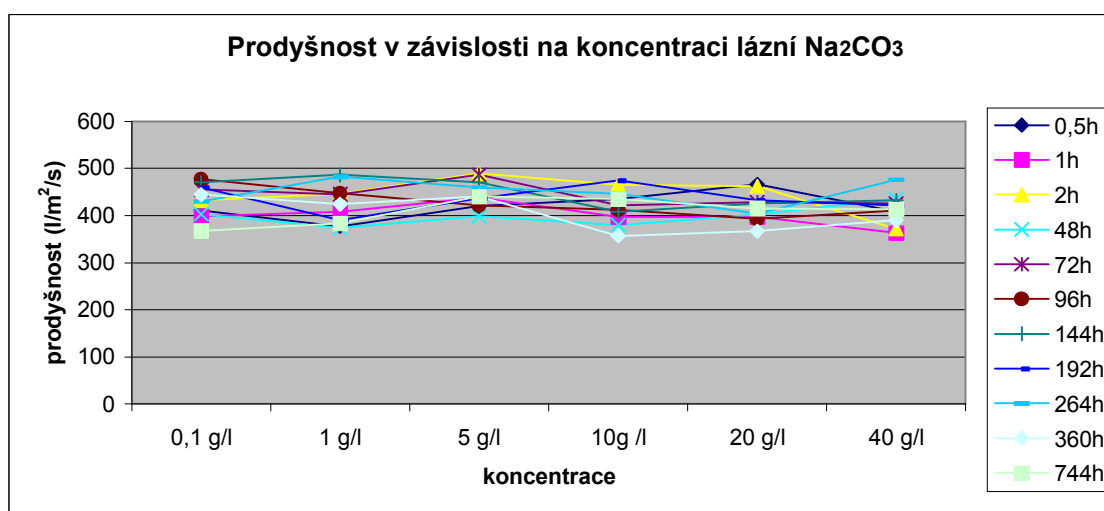
Graf 4 Prodyšnost v závislosti na čase bobtnání v lázni NaOH



Graf 5 Prodyšnost v závislosti na čase bobtnání v lázni Na₂CO₃



Graf 6 Prodyšnost v závislosti na koncentraci lázní NaOH



Graf 7 Prodyšnost v závislosti na koncentraci lázní Na₂CO₃

8.3.2. Diskuze výsledků – prodyšnost

Na grafu 4 a 5 můžeme sledovat vliv délky bobtnání lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) v lázních NaOH a Na₂CO₃ po fibrilaci ultrazvukovým homogenizátorem. Z grafů je zřejmé, že prodyšnější je neupravený vzorek bez závislosti na délce bobtnání lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza). Na grafu 7 a 8 je vidět, že koncentrace má zanedbatelný vliv na prodyšnost po fibrilaci ultrazvukovým homogenizátorem. Významný vliv na změně prodyšnosti v tomto případě měla fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem v kombinaci s použitou alkálií.

8.4. Vliv ultrazvuku na teplotní komfort

Podstatou experimentu bylo zjistit, jaký má vliv ultrazvukové vlnění (fibrilace) na teplotní komfort. V tomto experimentu byl zjišťován vliv ultrazvukového vlnění na tepelnou jímavost, tepelný tok a měrnou teplotní vodivost. Přičemž tepelná jímavost charakterizuje tepelný omak textilie, tepelný tok představuje množství tepla šířící se od hlavice přístroje (pokožky) do textilie a měrná teplotní vodivost vyjadřuje schopnost textilie vyrovnávat teplotu. [24]

K experimentu byly použity všechny vzorky připravené fibrilací ultrazvukovým homogenizátorem (viz. Tab. 2). Testování se provádělo na přístroji Alambeta. Každý vzorek byl postupně vložen pod měřící hlavici a proměřen.

8.4.1. Výsledky naměřených hodnot

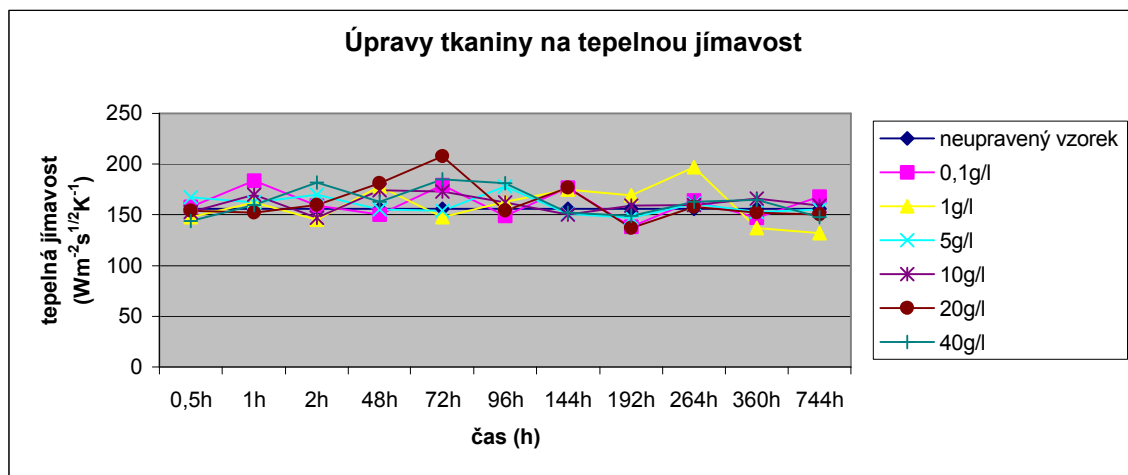
Neupravený vzorek	Tepelná jímavost [$Wm^{-2}s^{1/2}K^{-1}$]	156
	Tepelný tok [Wm^2]	450
	Měrná teplotní vodivost [m^2s^{-1}]	62

Tab. 11 Výsledky měření neupraveného vzorku

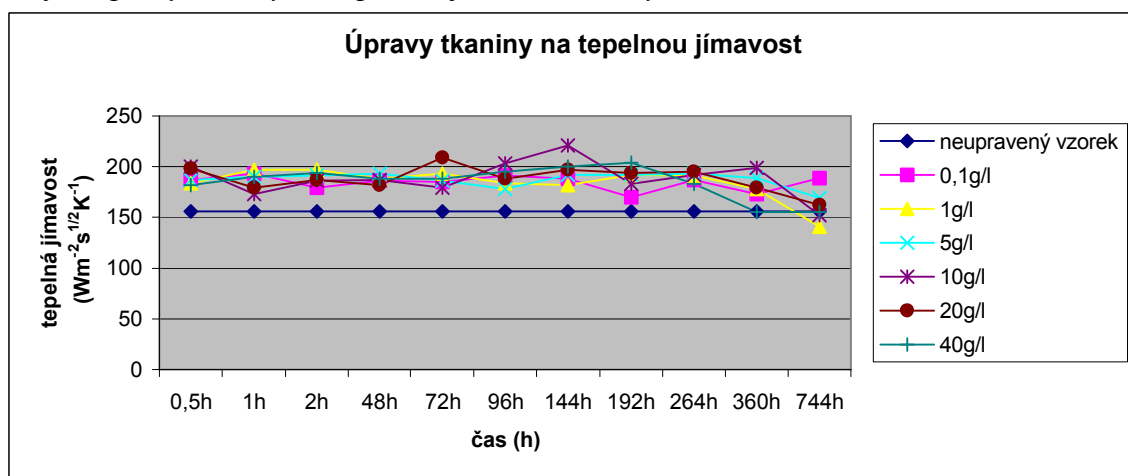
Tepelná jímavost:

	NaOH										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	158	184	159	150	179	149	177	138	164	147	168
1g/l	148	162	145	178	148	163	175	169	197	137	132
5g/l	167	162	170	155	154	178	151	147	161	153	155
10g/l	153	170	147	174	173	162	150	159	160	166	159
20g/l	154	152	160	181	208	154	177	137	158	152	150
40g/l	144	160	182	163	185	181	152	149	163	165	148
	Na₂CO₃										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	187	193	179	186	185	191	188	170	187	173	189
1g/l	184	197	197	188	193	184	182	192	191	178	141
5g/l	187	190	191	193	186	178	192	192	193	189	169
10g/l	200	173	186	187	179	203	221	183	192	199	152
20g/l	198	179	187	182	209	188	197	194	195	179	162
40g/l	182	190	194	188	188	195	200	204	183	155	155

Tab. 12 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na tepelnou jímavost [$Wm^{-2}s^{1/2}K^{-1}$]



Graf 8 Úpravy tkaniny na tepelnou jímavost, vzorky bobtnané v lázni NaOH

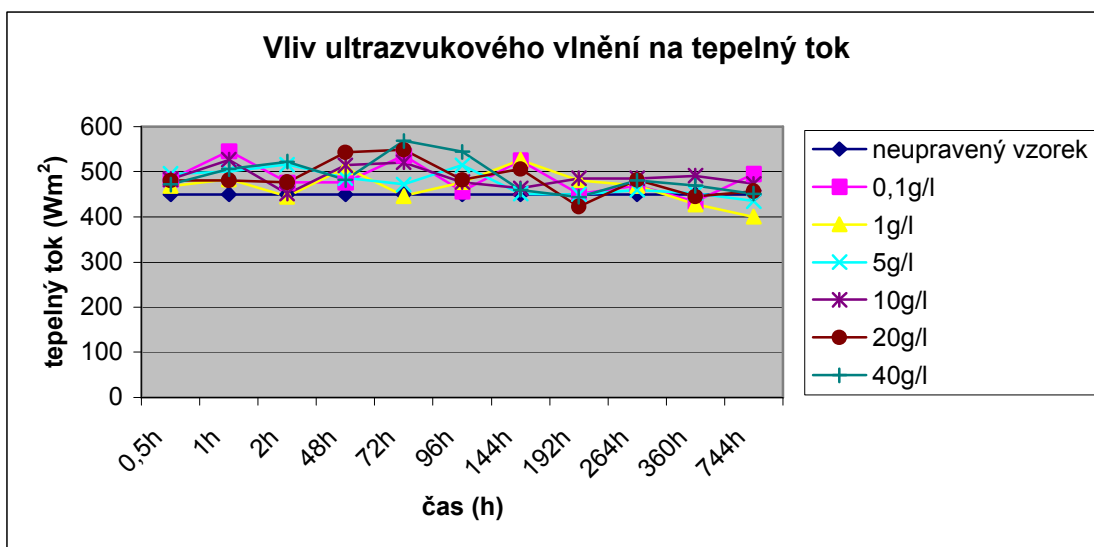


Graf 9 Úpravy tkaniny na tepelnou jímavost, vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃

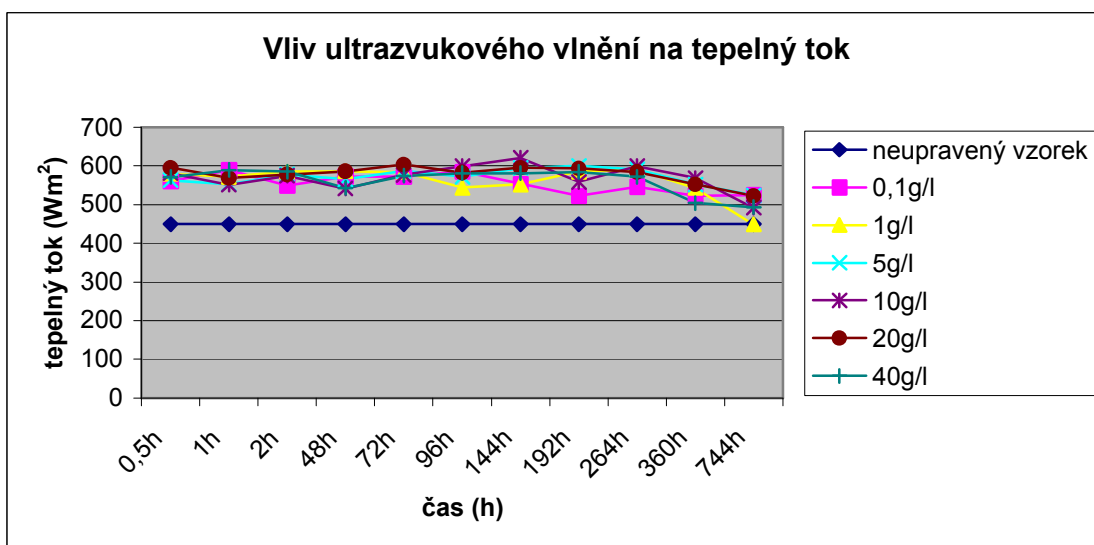
Tepelný tok:

	NaOH										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	483	546	476	476	536	457	525	451	470	434	495
1g/l	468	483	445	509	446	477	526	481	469	428	400
5g/l	495	500	516	486	472	514	451	450	460	453	435
10g/l	483	526	451	514	521	477	463	485	485	491	473
20g/l	480	481	477	543	549	482	506	423	482	445	457
40g/l	472	506	522	482	569	544	460	444	480	469	451
	Na ₂ CO ₃										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	560	589	549	573	572	585	554	522	546	523	525
1g/l	579	572	585	586	584	544	552	585	591	543	449
5g/l	563	553	578	565	587	572	594	600	591	552	524
10g/l	581	551	574	541	577	599	621	559	599	569	492
20g/l	595	569	578	586	603	583	595	593	584	552	522
40g/l	571	589	585	543	574	581	581	584	572	504	493

Tab. 13 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na tepelný tok [$10^3 \cdot \text{Wm}^2$]



Graf 10 Vliv ultrazvukového vlnění na tepelný tok, vzorky bobtnané v lázni NaOH

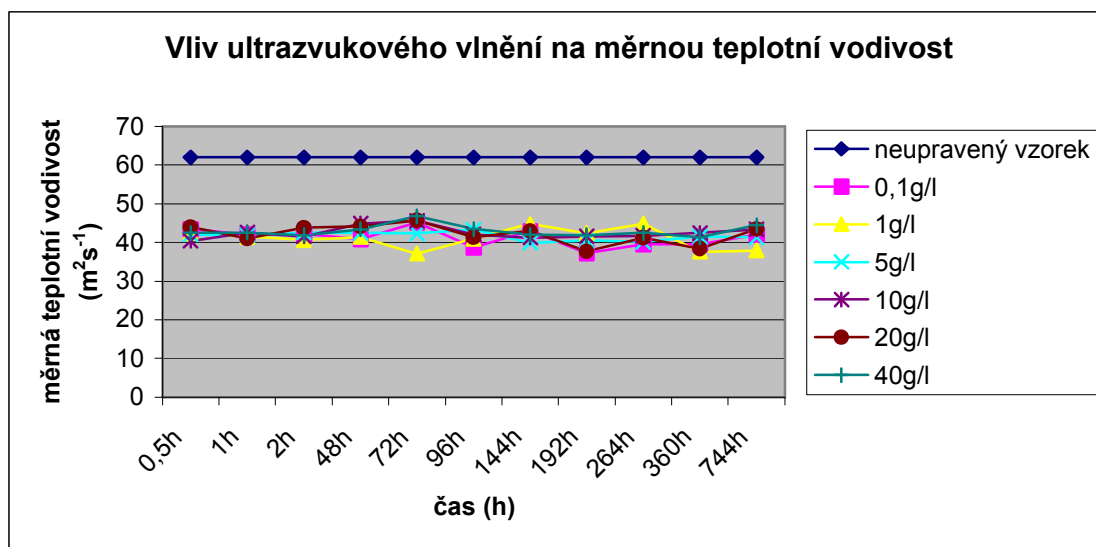


Graf 11 Vliv ultrazvukového vlnění na tepelný tok, vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃

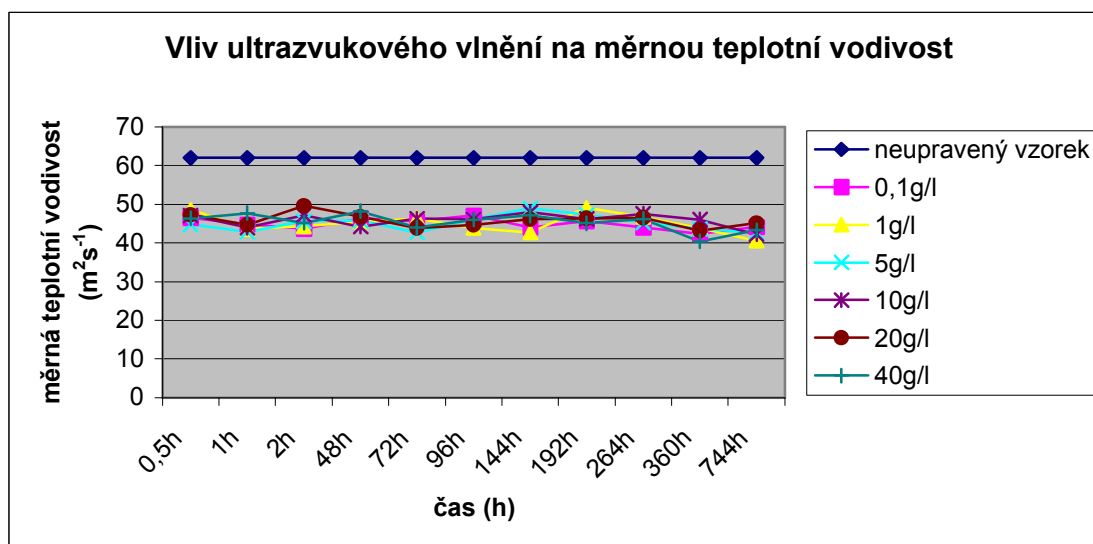
Měrná teplotní vodivost:

	NaOH										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	43,5	42,1	42,2	40,8	45,1	38,7	43	37,3	39,6	39,5	42
1g/l	42,5	41,5	40,7	41,4	37,1	41	44,8	42,4	44,9	37,6	37,9
5g/l	42,1	41,9	42,6	42,5	42,3	43,3	39,9	40,5	40,2	41,5	41,3
10g/l	40,4	42,6	41,6	44,9	45,6	42,1	41,2	41,6	41,7	42,5	43,4
20g/l	44	41	43,8	44,1	45,7	41,3	43	37,7	41,2	38,4	43,5
40g/l	42,5	42,6	41,9	43,4	46,8	43,5	42	41,9	42,5	41,3	44,5
	Na ₂ CO ₃										
	0,5h	1h	2h	48h	72h	96h	144h	192h	264h	360h	744h
0,1g/l	46,5	44,8	43,7	46,4	45,6	47,1	44	45,7	44	42,4	44,1
1g/l	48,6	43,6	44,3	45,5	46,4	43,9	42,7	49,1	46,7	43,9	40,6
5g/l	44,8	42,9	45,6	45,8	42,7	46,1	48,9	47,3	45,3	43,6	42,7
10g/l	47,1	44	47,2	44,2	46,3	46,1	47,9	46,2	47,5	46	42,2
20g/l	47,3	44,7	49,6	46,8	43,9	44,7	46,1	46,4	46,5	43,2	45,1
40g/l	46,4	47,7	45,2	48,2	44	46	47,1	45,1	46,2	40,4	43,3

Tab. 14 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost $[10^{-6} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$



Graf 12 Vliv ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost, vzorky bobtnané v lázni NaOH



Graf 13 Vliv ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost, vzorky bobtnané v lázni Na_2CO_3

8.4.2. Diskuze výsledků – teplotní komfort

U výsledků tepelné jímavosti a tepelného toku můžeme pozorovat na grafech 8, 9, 10, 11 vliv působení ultrazvukového homogenizátoru (fibrilace) na změnu vlastností vůči neupravenému vzorku. Na grafech je znát, že doba bobtnání v lázních NaOH, Na_2CO_3 a koncentrace nemají význam na změně vlastností. Na grafu 8, kdy vzorky bobtnaly v lázni NaOH vidíme, že nedošlo téměř k žádným změnám tepelné jímavosti vůči neupravenému vzorku. U tepelného toku jsou výsledky vzorků bobtnaných v lázni NaOH podobné. Vzorky bobtnané v lázni Na_2CO_3 dosáhly modifikací ultrazvukovým homogenizátorem mírně lepších výsledků.

Na grafu 12 a 13 vidíme zhoršení schopnosti tkaniny (lyocel/viskóza) vyrovnávat teplotu. K zhoršení došlo, bez ohledu na použitou koncentraci a dobu bobtnání v lázních. Ke změnám došlo vlivem fibrilace ultrazvukového homogenizátoru.

8.5. Vliv ultrazvuku na barvení lyocelových vláken

Hlavním úkolem tohoto experimentu bylo zjistit, jaký má vliv ultrazvukové vlnění (fibrilace) na barvitelnost lyocelových vláken po bobtnání v lázních NaOH a Na_2CO_3 o různých koncentracích. Pro experiment byly použity již připravené vzorky tkaniny (lyocel/viskóza) vystavené ultrazvukovému vlnění v ultrazvukovém homogenizátoru (viz. Tab. 2) po dobu 1 minuty při 50% intenzitě.

K experimentu byla připravena barvicí lázeň s parametry:

- poměr lázně 1:50
- 2% barviva Saturnová červen L4B
- 10g NaCl

Postup barvení:

- a) příprava barvicí lázně
- b) před barvením vzorky smočit ve vlažné vodě
- c) barvicí lázeň začneme zahřívat
- d) smočené vzorky jemně odžímáme a vložíme do barvicí lázně při cca 40 – 50 °C
- e) barvicí lázeň se vzorky přivedeme k varu a barvíme 30 minut cca při 98 °C
- f) z počátku intenzivně mícháme, abychom zajistili rovnoměrnost vybarvení vzorků
- g) po 30 minutách barvení vzorky vyjmeme z barvicí lázně
- h) vzorky proplachujeme vodou do doby než přestanou pouštět barvivo
- i) vzorky necháme usušit

8.5.1. Test na remisním spektrofotometru

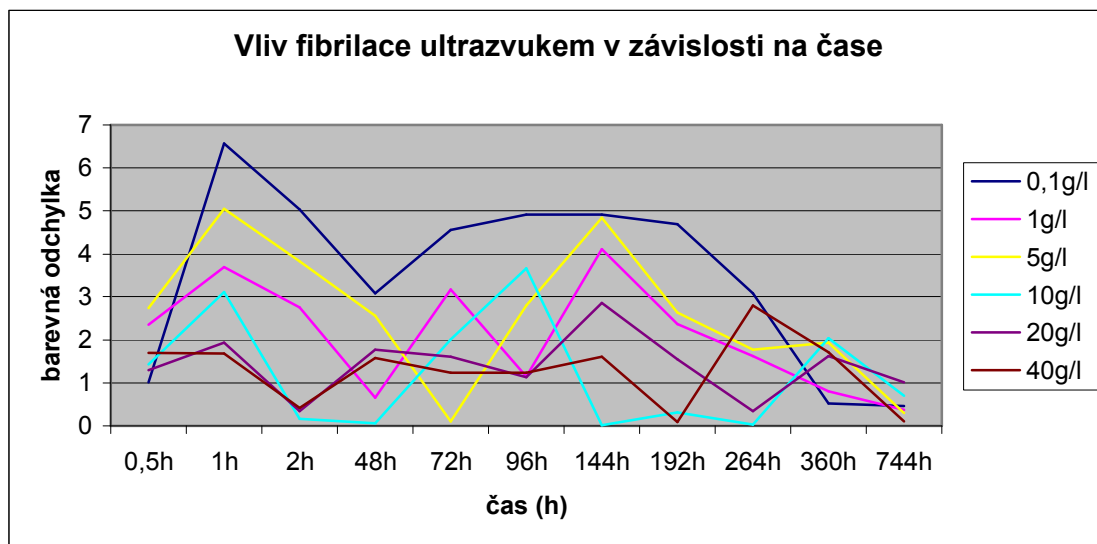
Záměrem tohoto testu bylo zjistit barevnou odchylku vzorků upravených ultrazvukovým homogenizátorem, neboli fibrilací. Všechny vzorky (viz. Tab. 2) byly otestovány na spektrofotometru. Na každém vzorku se měření provedlo 4x. Měřené hodnoty byly pomocí počítačového programu kompatibilního se spektrofotometrem zprůměrovány a barevná odchylka následně dopočítána podle vzorce (11). Naměřené hodnoty předložené k výpočtu barevné odchylky jsou v příloze tab. 4.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (11)$$

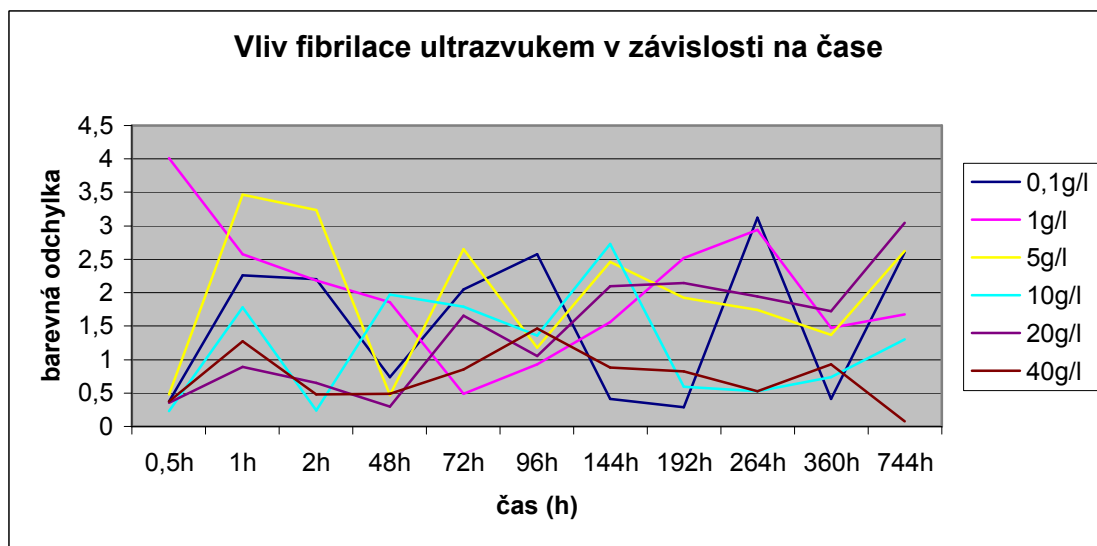
8.5.2. Výsledky naměřených hodnot

0,1g/l			1g/l		
	NaOH	Na ₂ CO ₃		NaOH	Na ₂ CO ₃
0,5h	1,009	0,378	0,5h	2,346	4,008
1h	6,569	2,265	1h	3,699	2,581
2h	5,036	2,202	2h	2,754	2,187
48h	3,073	0,735	48h	0,658	1,859
72h	4,559	2,051	72h	3,176	0,488
96h	4,917	2,578	96h	1,148	0,926
144h	4,914	0,415	144h	4,120	1,560
192h	4,690	0,286	192h	2,368	2,519
264h	3,078	3,121	264h	1,621	2,940
360h	0,520	0,416	360h	0,806	1,475
744h	0,457	2,604	744h	0,373	1,675
5g/l			10g/l		
	NaOH	Na ₂ CO ₃		NaOH	Na ₂ CO ₃
0,5h	2,742	0,482	0,5h	1,435	0,232
1h	5,052	3,464	1h	3,114	1,777
2h	3,824	3,238	2h	0,166	0,241
48h	2,557	0,467	48h	0,057	1,972
72h	0,107	2,658	72h	2,007	1,787
96h	2,802	1,178	96h	3,664	1,355
144h	4,844	2,467	144h	0,019	2,734
192h	2,629	1,922	192h	0,314	0,593
264h	1,775	1,741	264h	0,027	0,524
360h	1,942	1,367	360h	2,040	0,739
744h	0,299	2,620	744h	0,706	1,303
20g/l			40g/l		
	NaOH	Na ₂ CO ₃		NaOH	Na ₂ CO ₃
0,5h	1,292	0,360	0,5h	1,702	0,378
1h	1,942	0,893	1h	1,676	1,275
2h	0,343	0,648	2h	0,422	0,483
48h	1,772	0,294	48h	1,576	0,490
72h	1,610	1,658	72h	1,237	0,850
96h	1,137	1,052	96h	1,237	1,466
144h	2,854	2,099	144h	1,616	0,881
192h	1,543	2,149	192h	0,091	0,826
264h	0,346	1,941	264h	2,802	0,529
360h	1,627	1,724	360h	1,720	0,929
744h	1,008	3,048	744h	0,114	0,082

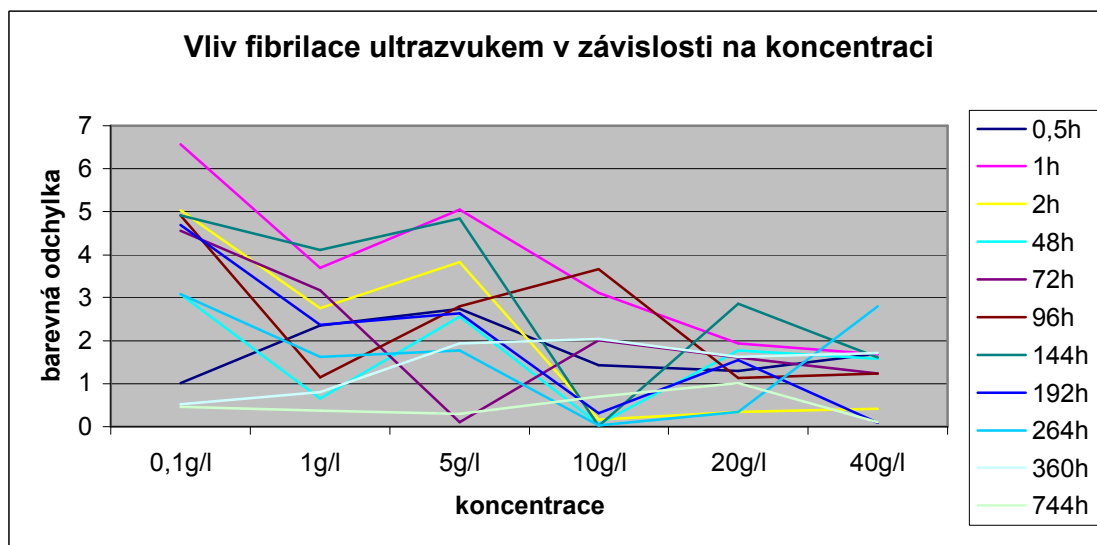
Tab. 15 Výsledky testu na spektrofotometru – barevné odchylky



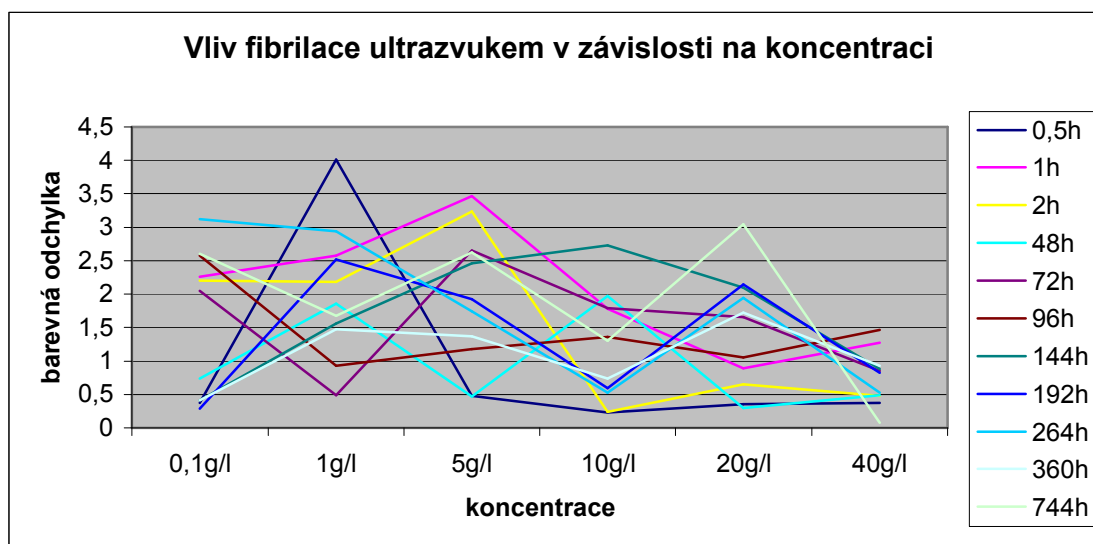
Graf 14 Barevné odchylky vzorků připravených v NaOH a ultrazvukovou fibrilací



Graf 15 Barevné odchylky vzorků připravených v Na₂CO₃ a ultrazvukovou fibrilací



Graf 16 Vliv fibrilace ultrazvukem v závislosti na koncentraci lázně NaOH



Graf 17 Vliv fibrilace ultrazvukem v závislosti na koncentraci lázně Na_2CO_3

8.5.3. Diskuze výsledků – barevná odchylka

Na grafu 14 a 15 můžeme sledovat vliv časového intervalu bobtnání, alkálie a modifikace ultrazvukem (fibrilace) na barevných odchylkách. Barevné odchylku na obou grafech jsou slabé, pro lidské oko poměrně zanedbatelné. U obou grafů můžeme říct, že barevná odchylka se mění v závislosti na čase bobtnání lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) s následnou fibrilací ultrazvukem. U bobtnací lázně NaOH barevná odchylka klesá výrazněji než u bobtnací lázně Na_2CO_3 . Z grafu 16 a 17 je zřejmá závislost barevné odchylky na koncentraci bobtnací lázně.

8.6. Posouzení vlivu ultrazvuku, alkálie a časové délky bobtnání

V návaznosti na předešlé výsledky měření byl proveden test, kdy cílem bylo zjistit, zda zásadní vliv na vlastnosti tkaniny (lyocel/viskóza) má vliv ultrazvukové vlnění (fibrilace), nebo přítomnost alkálie v lázni. Experiment byl posuzován pomocí testů na savost, prodyšnost, tepelná jímavost, tepelný tok a měrná teplotní vodivost.

Pro experiment byly připraveny vzorky tkaniny (lyocel/viskóza) o rozměrech 10x10 cm. Dále bylo připraveno 15 lázní z NaOH , Na_2CO_3 a destilované vody po 50ml rozdělených do 5 skupin. Pro porovnání byly také použity výsledky neupravených vzorků z předešlých experimentů – savost, prodyšnost, tepelná jímavost, tepelný tok a

měrná teplotní vodivost. U vzorků připravených v destilované vodě bylo zjišťováno zda došlo k fibrilaci pod elektronovým mikroskopem.

1. skupina – 20g/l NaOH → 3x 50ml
2. skupina – 20g/l NaOH → 3x 50ml
3. skupina – 20g/l Na₂CO₃ → 3x 50ml
4. skupina - 20g/l Na₂CO₃ → 3x 50ml
5. skupina – 3x 50ml destilované vody

Všechny lázně byly připraveny do 50ml skleněných lahvíček, do kterých byl vložen vzorek tkaniny (lyocel/viskóza). Doba bobtnání lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) byla stanovena na 96 hodin.

Postup experimentu:

a) příprava vzorků z 1. skupiny a 3. skupiny

- lázně 1. a 3. skupiny se zbobtnalými vzorky byly přelity na kádinek naplněných skleněnými varnými kuličkami a dolity 100ml destilované vody
- vzorek tkaniny byl narovnan po dně kádinky a zatížen měděným drátem
- vzorky v lázních byly podrobeny ultrazvukovému vlnění v ultrazvukovém homogenizátoru po dobu 1 minuty při 50% intenzitě
- po působení ultrazvukového vlnění byly vzorky tkaniny vyjmuty, propláchnuty a usušeny

b) příprava vzorků z 2. skupiny a 4. skupiny

- vzorky nebyly vystaveny ultrazvukovému vlnění ultrazvukového homogenizátoru, byly pouze vyjmuty z lázně, propláchnuty a usušeny

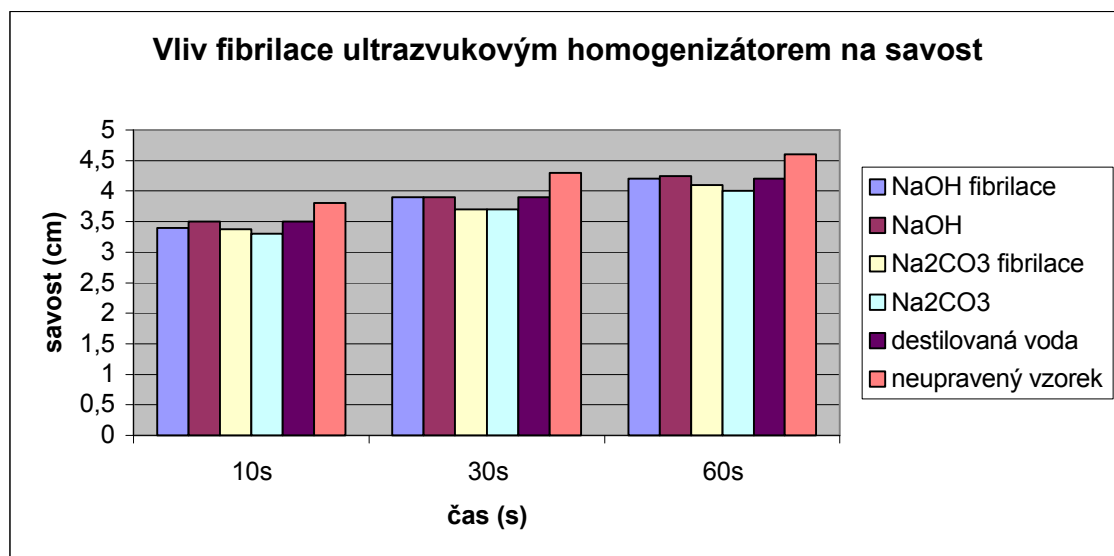
c) příprava vzorků z 5. skupiny

- vzorky z 5. skupiny byly připraveny stejným způsobem jako vzorky z 1. a 3. skupiny a podrobeny ultrazvukovému vlnění v ultrazvukovém homogenizátoru po dobu 1 minuty při 50% intenzitě

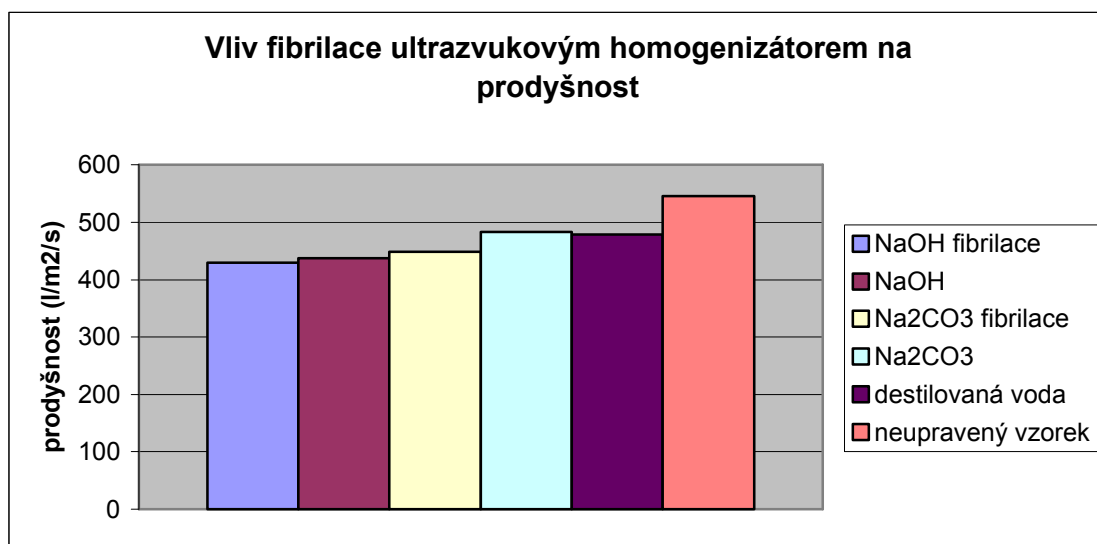
8.6.1. Výsledky naměřených hodnot

Fibrilace vzorků připravených v destilované vodě																	
1																	
Savost [cm]																	
Fibrilované vzorky									Nefibrilované vzorky								
NaOH			Na ₂ CO ₃			Destilovaná voda			NaOH			Na ₂ CO ₃			Neupravený vzorek		
10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
3,4	4	4,2	3,4	3,7	4,1	3,5	3,9	4,2	3,5	3,9	4,3	3,3	3,7	4	3,8	4,3	4,6
Prodyšnost [l/m ² /s]																	
Fibrilované vzorky									Nefibrilované vzorky								
NaOH			Na ₂ CO ₃			Destilovaná voda			NaOH			Na ₂ CO ₃			Neupravený vzorek		
430			449			479			438			483			546		
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]																	
Fibrilované vzorky									Nefibrilované vzorky								
NaOH			Na ₂ CO ₃			Destilovaná voda			NaOH			Na ₂ CO ₃			Neupravený vzorek		
190			185			191			209			194			156		
Tepelný tok [Wm ²]																	
Fibrilované vzorky									Nefibrilované vzorky								
NaOH			Na ₂ CO ₃			Destilovaná voda			NaOH			Na ₂ CO ₃			Neupravený vzorek		
619			546			585			619			571			450		
Měrná teplotní vodivost [m ² s ⁻¹]																	
Fibrilované vzorky									Nefibrilované vzorky								
NaOH			Na ₂ CO ₃			Destilovaná voda			NaOH			Na ₂ CO ₃			Neupravený vzorek		
53			56			60			56			59			62		

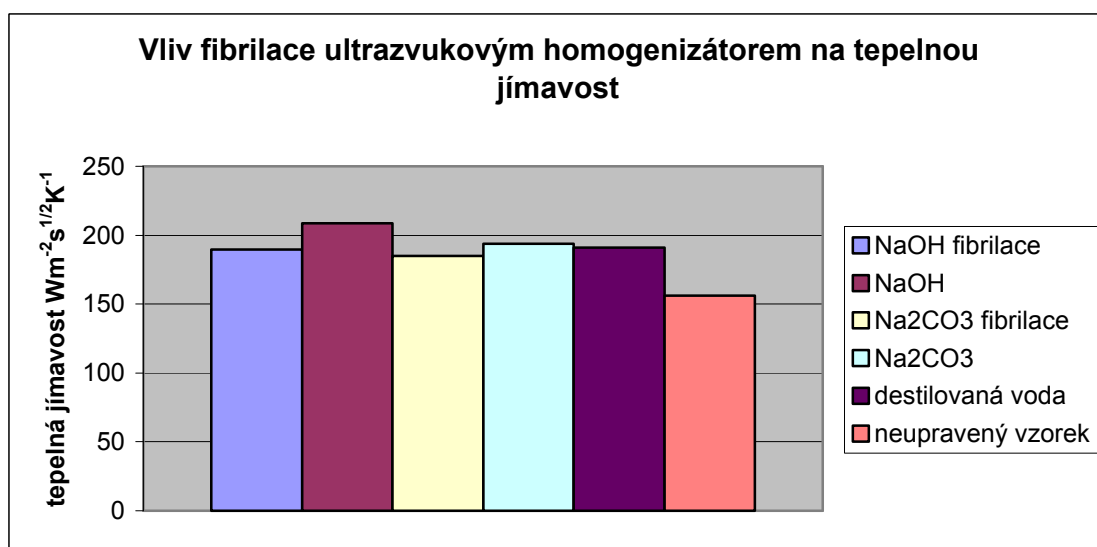
Tab. 16 Výsledky měření k posouzení vlivu ultrazvuku



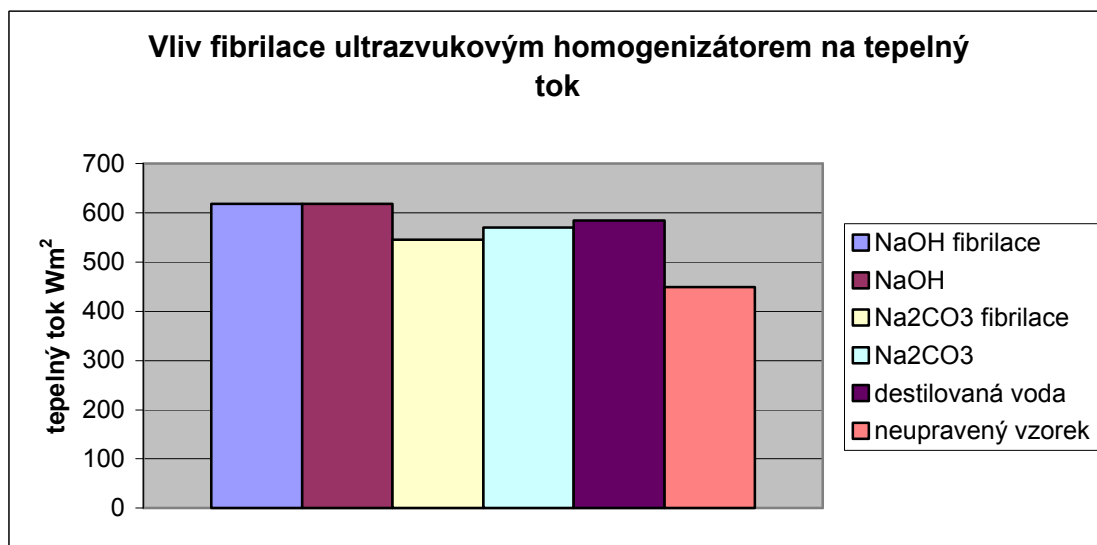
Graf 18 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na savost



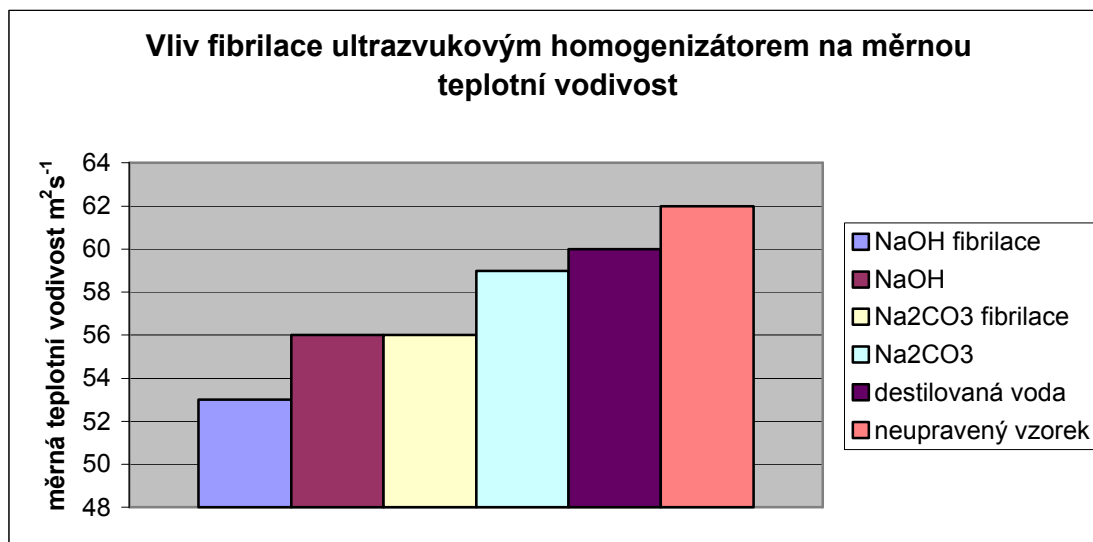
Graf 19 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na prodyšnost



Graf 20 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelnou jímavost



Graf 21 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelný tok



Graf 22 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na měrnou teplotní vodivost

8.6.2. Diskuze výsledků

Savost

Podle naměřených hodnot by se dalo konstatovat, že na savost má vliv jak použitá alkálie, tak i fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem. Podle grafu 18 můžeme říct, že Na₂CO₃ má větší vliv na savost oproti NaOH. Vzorky bobtnané v lázni NaOH jsou bez ohledu na fibrilaci ultrazvukovým homogenizátorem savější než vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃. Porovnáme-li neupravený vzorek se vzorkem bobtnaným v destilované vodě zjistíme, že také fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem ovlivnila savost.

Prodyšnost

Podle naměřených hodnot též můžeme říct, že na prodyšnost má vliv jak použitá alkálie, tak i fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem. Rovněž druh použité alkálie ovlivňuje vlastnosti modifikovaného vzorku tkaniny (lyocel/viskóza). Vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃ jsou prodyšnější, než vzorky bobtnané v NaOH. Neupravený vzorek oproti vzorku připraveného v destilované vodě je prodyšnější, tudíž fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem také ovlivnila prodyšnost testovaného materiálu.

Tepelná jímavost

Na grafu 20 jsou znázorněny naměřené hodnoty tepelné jímavosti, podle kterých můžeme říct, že zásadní vliv na tepelnou jímavost měla fibrilace ultrazvukovým

homogenizátorem. Vzorky bobtnané v lázních NaOH, Na₂CO₃ a destilované vodě nejsou velkého rozdílu. Za to neupravený vzorek má znatelně nižší hodnotu tepelné jímavosti.

Tepelný tok

Z grafu 21 můžeme usuzovat, že vliv na tepelný tok mělo působení ultrazvukovým homogenizátorem (fibrilace) a také z malé části použitá alkálie, či destilovaná voda při bobtnání vzorků. Modifikované vzorky fibrilací ultrazvukovým homogenizátorem, bobtnáním v alkalických lázních a destilované vodě jsou schopné lépe vést teplo než neupravený vzorek.

Měrná teplotní vodivost

Lepší schopnost vyrovnávat teplotu má podle grafu 22 neupravený vzorek. V tomto případě měla vliv na modifikaci vlastností použitá alkálie a také fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem. Na grafu vidíme, že upravené vzorky fibrilací ultrazvukovým homogenizátorem mají nižší hodnoty než vzorky neupravené fibrilací. Vzorky bobtnané v lázni NaOH disponují nižšími hodnotami než vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃ a destilované vodě.

8.7. Posouzení vlivu časové délky fibrilace

Dle předchozích testů byl proveden experiment, kde byl sledován vliv délky ultrazvukového působení ultrazvukovým homogenizátorem na fibrilaci lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza). Délka působení ultrazvukového homogenizátoru na vzorky byla prodloužena na 5 minut. Cílem experimentu bylo vyhodnotit rozdíly použité časové délky působení ultrazvukového homogenizátoru na lyocelová vlákna v tkanině (lyocel/viskóza). Vyhodnocení bylo provedeno pomocí testů na fibrilaci, savost, prodyšnost, tepelná jímavost, tepelný tok a měrná teplotní vodivost.

Pro srovnání byli připraveny vzorky o rozměru 10x10 cm a 6 lázní o koncentraci 20 g/l Na₂CO₃ po 50 ml. Jako u předchozích experimentů byly vzorky vloženy do lázní ve skleněných lahvičkách. Vzorky byly rozděleny do dvou skupin:

1. skupina – 1 hodina → 3x 50 ml
2. skupina – 2 hodiny → 3x 50 ml

Postup experimentu:

1. skupina – a) 1. skupina vzorků byla po 1 hodině bobtnání v lázni vyjmuta ze skleněných lahviček a přemístěna do kádinek s varnými kuličkami
b) kádinky byly dolity 100 ml destilované vody
c) vzorky byly urovnány po dně kádinky a zatíženy měděným drátem
d) po přípravě vzorků k fibrilaci byly vzorky vystaveny ultrazvukovému vlnění ultrazvukovým homogenizátorem nejprve po dobu 1 minuty
e) po první minutě byla zkontrolována teplota lázně a vzorky byly postupně znovu vystaveny působení ultrazvukovému homogenizátoru opět po dobu 1 minuty
f) vzorky byly postupně vystavovány působení ultrazvukového homogenizátoru po 1 minutě s přidaným chlazením lázně v ledové tříšti, až do doby kdy fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem dosáhla 5 minut, lázeň byla udržována při teplotě mezi 22 – 28 °C, aby nedošlo k přehřátí vzorku
g) po fibrilaci ultrazvukovým homogenizátorem byl vzorek vyjmut z kádinky, propláchnut a usušen
2. skupina – byla vystavena ultrazvukovému působení ultrazvukovým homogenizátorem po 2 hodinách bobtnání v lázni za stejných podmínek fibrilace jako u 1. skupiny

Pro posouzení vlivu délky působení ultrazvukového homogenizátoru byly použity vzorky z předcházejících experimentů, kdy délka fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem byla stanovena na 1 minutu. Jedná se o vzorky o stejné koncentraci, stejné použité alkálie a stejné době bobtnání v lázni – 20 g/l Na₂CO₃. Doba bobtnání v lázni 1 hodina a 2 hodiny.

8.7.1. Výsledky naměřených hodnot

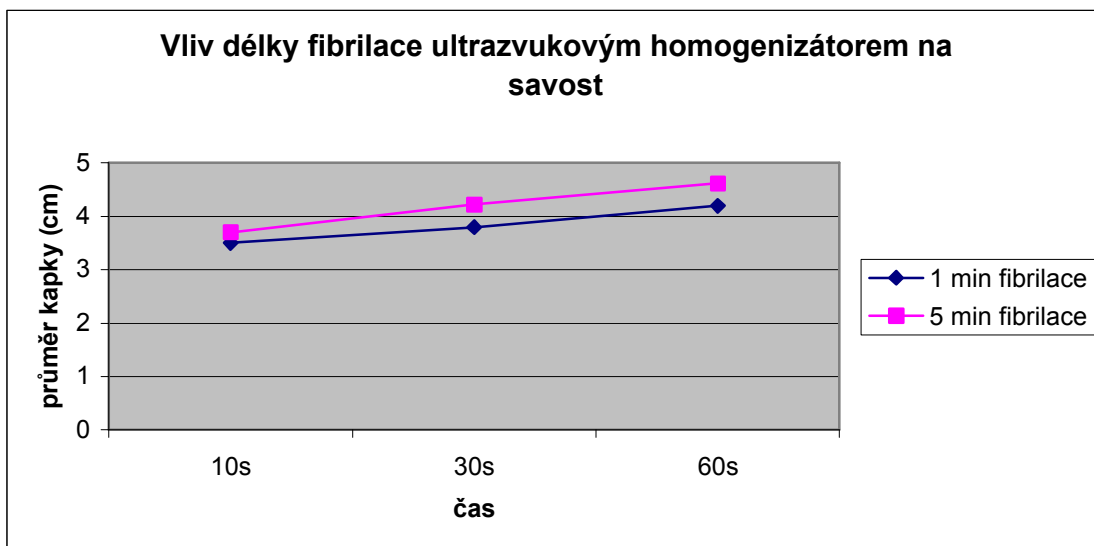
Fibrilace:

	1 min Na₂CO₃	5 min Na₂CO₃
1 h	1	1
2h	1	1

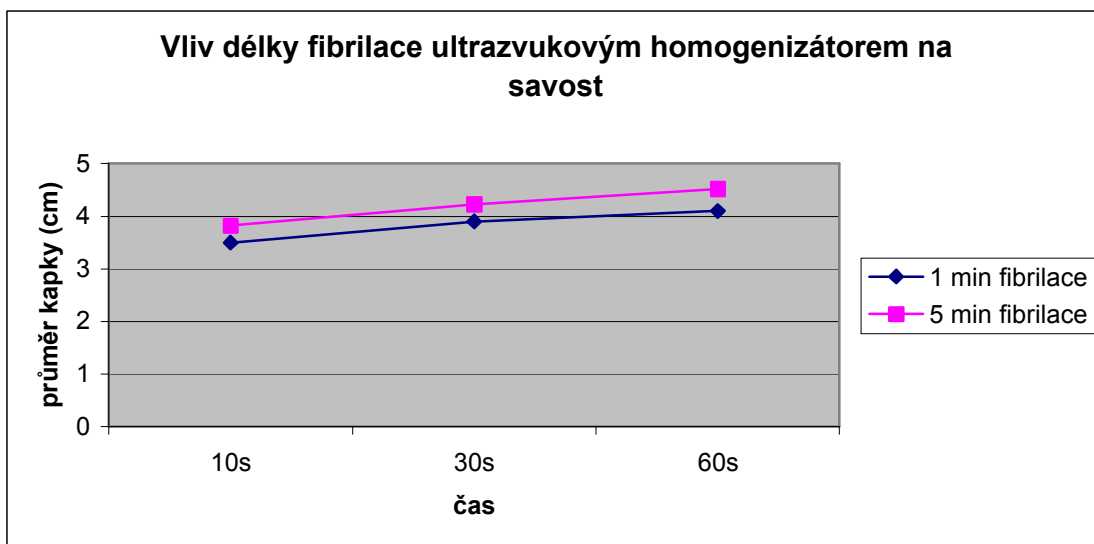
Tab. 17 Posouzení fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při rozdílném času fibrilace

Savost [cm]											
1 min Na ₂ CO ₃						5 min Na ₂ CO ₃					
1h			2h			1h			2h		
10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s	10s	30s	60s
3,5	3,8	4,2	3,5	3,9	4,1	3,7	4,2	4,6	3,8	4,2	4,5
Prodyšnost [l/m ² /s]											
1 min Na ₂ CO ₃						5 min Na ₂ CO ₃					
1h			2h			1h			2h		
397			462			398			453		
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]											
1 min Na ₂ CO ₃						5 min Na ₂ CO ₃					
1h			2h			1h			2h		
179			187			164			168		
Tepelný tok [Wm ²]											
1 min Na ₂ CO ₃						5 min Na ₂ CO ₃					
1h			2h			1h			2h		
569			578			507			530		
Měrná teplotní vodivost [m ² s ⁻¹]											
1 min Na ₂ CO ₃						5 min Na ₂ CO ₃					
1h			2h			1h			2h		
62			70			52			53		

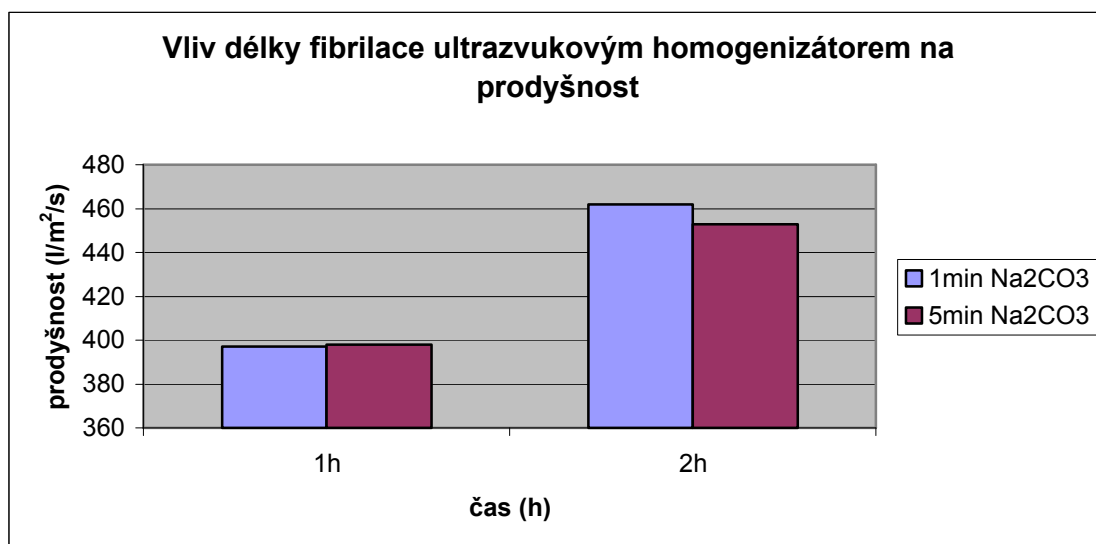
Tab. 18 Výsledky měření k posouzení délky fibrilace



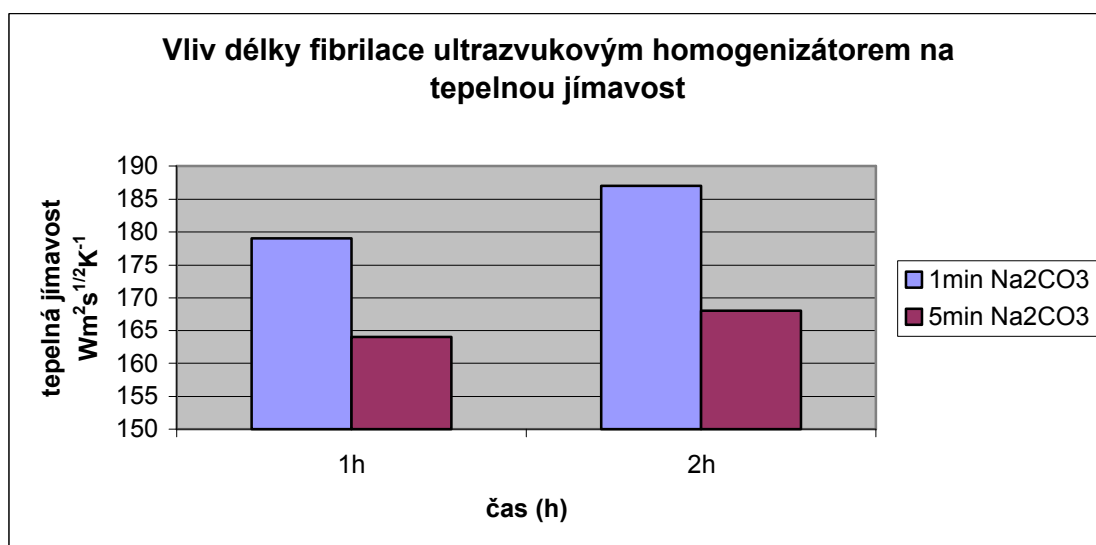
Graf 23 Savost - vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při 1 hodině bobtnání v lázni 20 g/l Na₂CO₃ [cm]



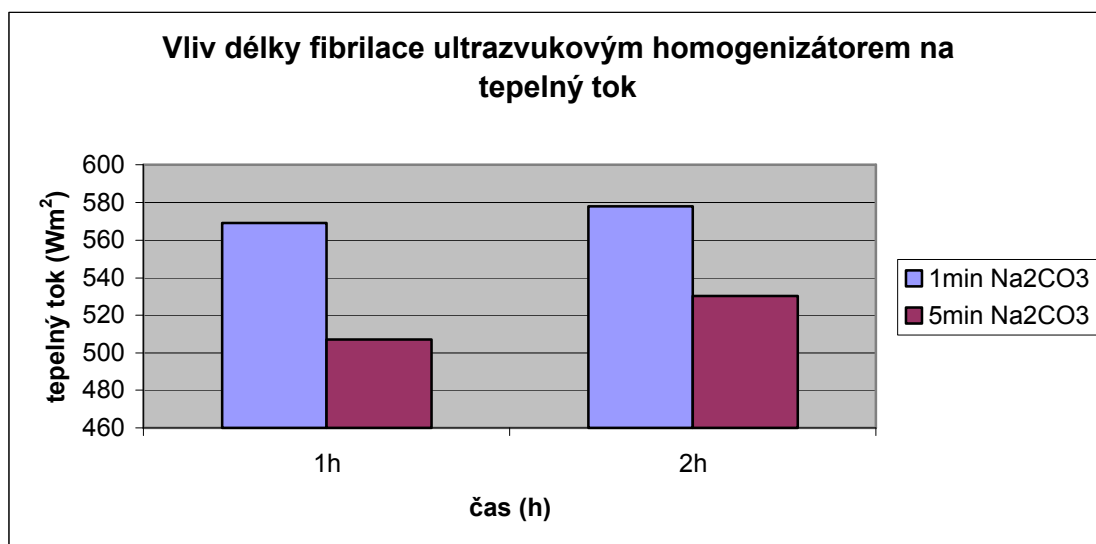
Graf 24 Savost – vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při 2 hodinách bobtnání v lázni 20 g/l Na₂CO₃ [cm]



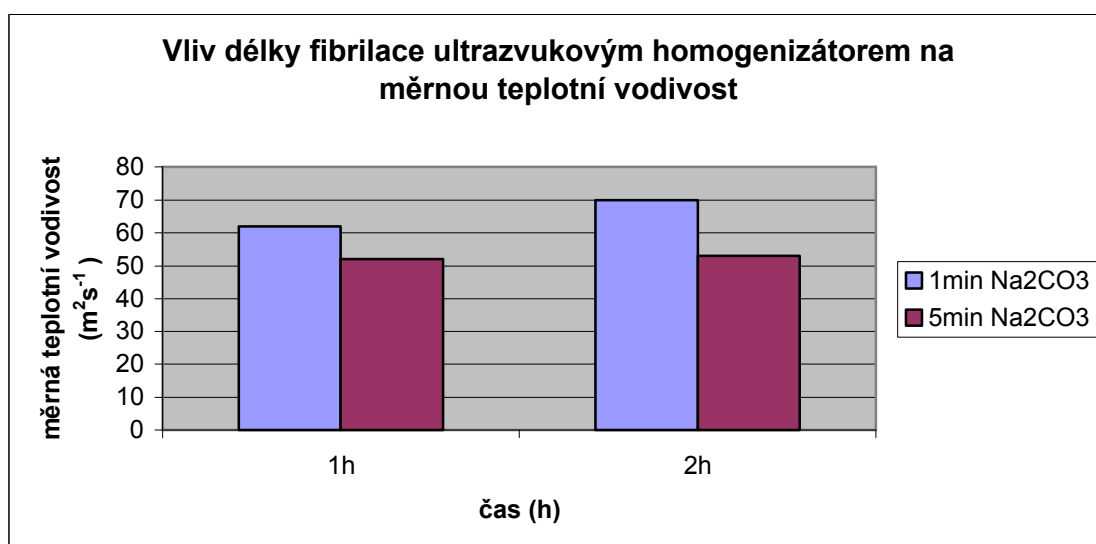
Graf 25 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na prodyšnost [l/m²/s]



Graf 26 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelnou jímavost [Wm⁻²s^{1/2}K⁻¹]



Graf 27 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelný tok [$10^3 \cdot \text{Wm}^2$]



Graf 28 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na měrnou teplotní vodivost [$10^{-6} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

8.7.2. Diskuze výsledků

Savost

Na grafu 23 a 24 můžeme vidět, že savost tkaniny (lyocel/viskóza) je závislá na časové délce fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) ultrazvukovým homogenizátorem. Delší čas působení ultrazvukového homogenizátoru vede k lepší savosti.

Prodyšnost

Na grafu 25 můžeme pozorovat, že prodloužení působení ultrazvukového homogenizátoru (fibrilace) na lyocelová vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) nemá významný vliv na prodyšnost.

Tepelná jímavost

Výsledky tepelné jímavosti podle grafu 26 nám ukazují snížení schopnosti absorbovat teplo tkaninou (lyocel/viskóza) po úpravě vzorků ultrazvukovým homogenizátorem. V tomto případě má záporný vliv prodloužení časové délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na vlastnosti tepelné jímavosti.

Tepelný tok

I u tepelného toku došlo k zhoršení vlastností vlivem prodloužení časové délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem. Na grafu 27 můžeme pozorovat snížení množství tepla šířícího se od přístroje do tkaniny (lyocel/viskóza).

Měrná teplotní vodivost

Podle grafu 28 je zřejmé, že dochází k mírnému snížení naměřených hodnot při prodloužené časové délce fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem. Dochází tu k snížení schopnosti tkaniny (lyocel/viskóza) vyrovnávat teplotu.

9. Závěr

Tato práce se zabývala zjišťováním změn vlastností lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza) vlivem ultrazvukového homogenizátoru. Bylo provedeno několik experimentů, ve kterých se tato práce zaměřovala na aspekty dosažených změn na lyocelovém vlákně v tkanině (lyocel/viskóza). Tyto aspekty zahrnují vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem, vliv použité alkálie, druh alkálie, koncentrace alkálie a časovou délku bobtnání vzorků v alkalické lázni.

Podstatou všech experimentů byla dosažená fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza). Při použitém časovém intervalu 1 minuta došlo k malé fibrilaci, v některých případech došlo ke střední fibrilaci. Fibrilace se začala zvětšovat s déle trvajícím bobtnáním vzorků v alkalické lázni převážně v lázni NaOH. Při

zvýšeném časovém intervalu na 5 minut nedošlo k lokálnímu zvětšení fibrilace na vláknech, ale došlo k plošnému zvýšení fibrilace a ovlivnění vlastností tkaniny (lyocel/viskóza). Bylo také zjištěno, že fibrilace není závislá na alkálii. Lyocelové vlákno v tkanině (lyocel/viskóza) fibrilovalo i po přípravě vzorků v destilované vodě.

Shrnutí naměřených výsledků:

- **Savost** – koncentrace alkalických lázní a doba bobtnání vzorků v těchto lázních nemají vliv na změnu savosti materiálu. Při zvýšení časového intervalu fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) na 5 minut došlo k zlepšení savosti materiálu, přičemž při časovém intervalu 1 minuta byla savost snížena vůči neupravenému vzorku. Toto snížení savosti materiálu má za následek přítomnost použité alkálie v bobtnací lázních vzorků.
- **Prodyšnost** – ze závěrečného posouzení prodyšnosti plyne, že delší časový interval fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem nemá zásadní vliv na změnu prodyšnosti. Prodyšnost je ovlivněna z větší části použitou alkálií v bobtnacích lázních vzorků. Lázeň Na_2CO_3 má vůči prodyšnosti lepší výsledky než lázeň NaOH .
- **Barevná odchylka** – fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) podle naměřených hodnot nemá významný vliv na změnu barevné odchylky. Ke slabé změně barevné odchylky došlo díky použitým alkáliím, respektive vlivem jejich koncentrace a dobou bobtnání vzorků v lázních. Vyšší koncentrace vede k snížení barevné odchylky. Doba bobtnání v lázni NaOH má kladný vliv na barevnou odchylku obarvených vzorků, kdežto lázeň Na_2CO_3 téměř barevnou odchylku neovlivňuje.
- **Tepelná jímavost** – doba bobtnání vzorků v alkalické lázni a koncentrace těchto lázní neovlivňují změnu vlastností tepelné jímavosti. Při krátkém časovém intervalu fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem (1 minuta) je tepelná jímavost ovlivněna převážně použitou alkálií, přičemž dochází k mírnému zlepšení absorpce tepla. Se zvýšeným časovým intervalem fibrilace (5 minut) dochází ke zhoršení schopnosti absorbovat teplo.
- **Tepelný tok** – dosahuje podobných výsledků vlivu použité alkálie a vlivu aspektů ovlivňující vlastnosti jako tepelná jímavost. Též dochází k zhoršení

vlastností materiálu po prodloužení časového intervalu fibrilace na 5 minut. Snižuje se množství tepla šířícího se od přístroje (hlavice) do tkaniny.

- **Měrná teplotní vodivost** – doba bobtnání vzorků v alkalické lázni a koncentrace těchto lázní nemají vliv na změnu vlastností měrné teplotní vodivosti. Vlivem alkálie a fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) dochází ke snížení schopnosti materiálu vyrovnávat teplotu. S prodloužení časového intervalu fibrilace na 5 minut se schopnost materiálu vyrovnávat teplotu ještě zhorší.

Z těchto výsledků je zřejmé, že vlivem působení ultrazvuku došlo ke změnám vlastností lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza), byť jen o malé rozdíly vlastností vůči neupravenému vzorku. Využití ultrazvuku na modifikaci lyocelových vláken má jistě význam a může být předmětem dalšího zkoumání v jiných pracích, např. se zaměřením na zvýšení časového intervalu fibrilace lyocelových vláken.

Seznam použité literatury:

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Lyocell>
- [2] Blackburn, R. S.: Biodegradable and sustainable fibres, Woodhead publishing in textiles 2005
- [3] <http://www.lenzing.com>
- [4] New lyocell fiber with copper, Man-Made Fiber, 2009, October
- [5] Lyocell spunbond pilot plant, Technical Textiles, 2009, č. 5
- [6] Lyocell fibers for eco denim, Chemical Fibers International, 2009, č. 1
- [7] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>
- [8] Obraz, J.: Ultrazvuk v měřící technice, SNTL 1976
- [9] Švehla, Š., Figura, Z.: Ultrazvuk v technologii, ALFA Bratislava 1984
- [10] <http://www.ultrazvuk.cz>
- [11] <http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>
- [12] http://cs.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule
- [13] Rálek, P.: Autoreferát disertační práce, Spektrální analýza diskretizovaného modelu piezoelektrického rezonátoru, Technická univerzita v Liberci 2006
- [14] Obraz, J.: Zkoušení materiálu ultrazvukem, SNTL Praha 1989
- [15] Kučka, J., Švehla, Š.: Ultrazvuk a jeho použití v priemysle, SVTL Bratislava 1962
- [16] Taraba, O.: Co dovede ultrazvuk, Práce, ROH Praha 1963
- [17] Kazdová, P.: Diplomová práce, Využití ultrazvuku v textilním zušlechťování, Technická univerzita v Liberci 2007
- [18] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy> Militký, J., Kovačič, V.: Textilní vlákna (prezentace)
- [19] Hladík, V.: Textilní barvířství, SNTL Praha 1982
- [20] Kryštůfek, J., Odvárka, J., Prášil, M., Wiener, J., Machaňová, D.: Zušlechťování textilií, Technická univerzita v Liberci 2002
- [21] FX 3300 Air Permeability Tester III. – návod k obsluze
- [22] Alambeta measuring device – návod k obsluze
- [23] http://www.bandelin.com/datenblaetter/5552de_2004-04.pdf
- [24] Interní norma č. 23-303-01/01, Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií
- [25] Štengl, V., Šubrt, J.: Výkonový ultrazvuk a jeho aplikace, chemické listy 98, 2004
- [26] Wiener, J., Průšová, M., Kryštůfek, J.: Chemicko-Textilní rozbory , Technická univerzita v Liberci, 2008

Seznam tabulek:

- Tab. 1 Porovnání vlastností vláken – lyocelové vlákno Tencel, viskóзовé vlákno, bavlněné vlákno a polyesterové vlákno
- Tab. 2 Čas a koncentrace lázní
- Tab. 3 Škála fibrilace lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza)
- Tab. 4 Výsledky fibrilace lyocelového vlákna v tkanině (lyocel/viskóza)
- Tab. 5 Výsledky měření savosti neupraveného vzorku [cm]
- Tab. 6 Výsledky měření savosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v NaOH [cm]
- Tab. 7 Výsledky měření savosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v Na₂CO₃ [cm]
- Tab. 8 Výsledky měření prodyšnosti neupraveného vzorku [l/m²/s]
- Tab. 9 Výsledky měření prodyšnosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v NaOH [l/m²/s]
- Tab. 10 Výsledky měření prodyšnosti tkaniny (lyocel/viskóza) bobtnané v Na₂CO₃ [l/m²/s]
- Tab. 11 Výsledky měření neupraveného vzorku
- Tab. 12 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na tepelnou jímavost [Wm⁻²s^{1/2}K⁻¹]
- Tab. 13 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na tepelný tok [10³. Wm²]
- Tab. 14 Výsledky měření vlivu ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost [10⁻⁶.m²s⁻¹]
- Tab. 15 Výsledky testu na spektrofotometru – barevné odchylky
- Tab. 16 Výsledky měření k posouzení vlivu ultrazvuku
- Tab. 17 Posouzení fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při rozdílném času fibrilace
- Tab. 18 Výsledky měření k posouzení délky fibrilace

Seznam obrázků:

Obr. 1 Vlnová délka ultrazvukové vlny

Obr. 2 Rovinné ultrazvukové vlny

Obr. 3 Kulové ultrazvukové vlny

Obr. 4 Válcové ultrazvukové vlny

Obr. 5 Šíření podélných vln

Obr. 6 Šíření příčných vln

Obr. 7 Šíření povrchových vln

Obr. 8 Šíření deskových vln, a) asymetrické vlny, b) symetrické vlny

Obr. 9 Chemický vzorec celulózy

Obr. 10 Ultrazvukový homogenizátor Sonopuls Bandelin

Obr. 11 Chemický vzorec Saturnové červeně L4B (C. I. Direct red 79)

Obr. 12 Fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) ultrazvukovým homogenizátorem

Seznam grafů:

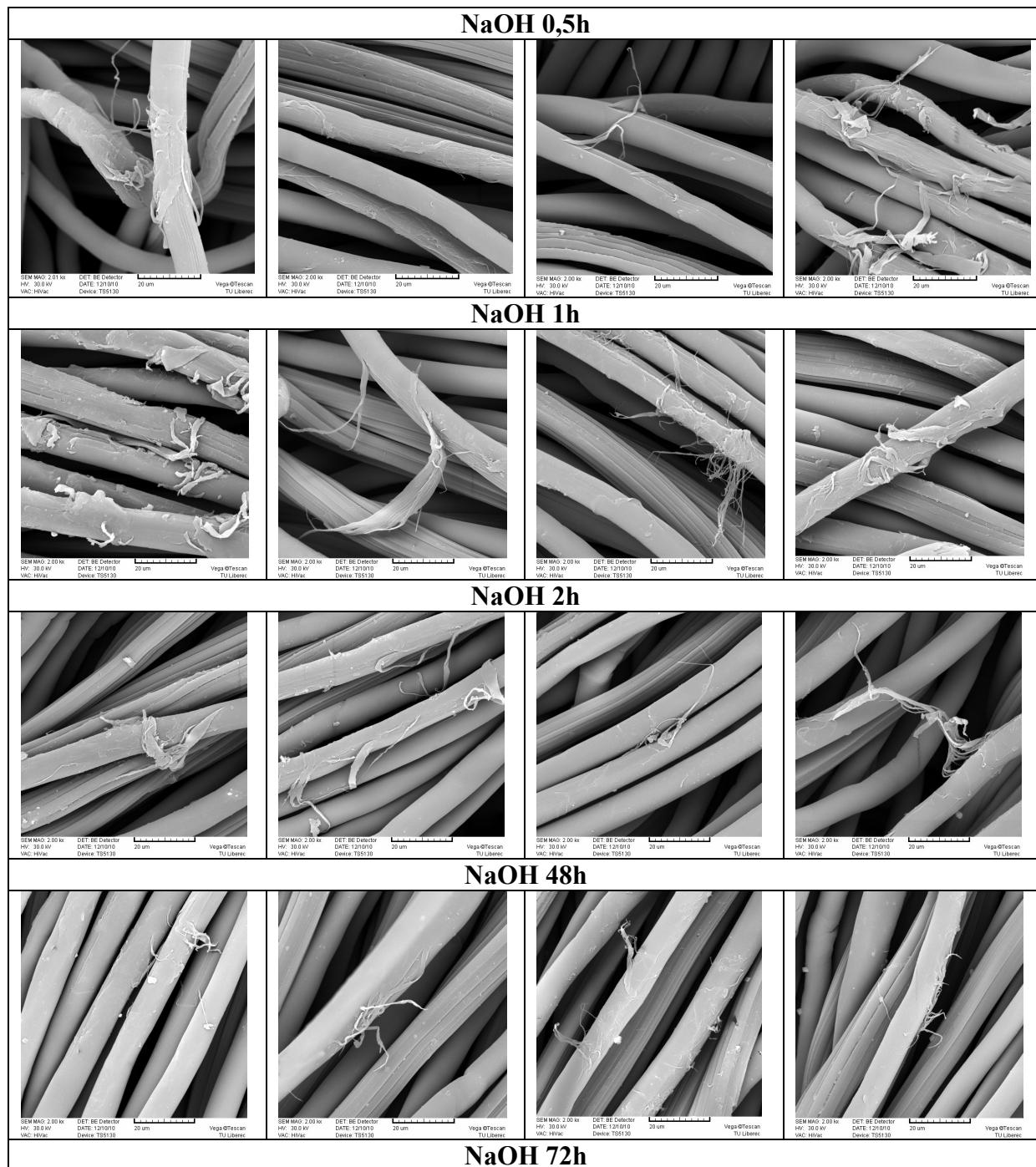
- Graf 1 Porovnání závislosti koncentrace na době bobtnání v lázni NaOH
- Graf 2 Porovnání závislosti koncentrace na době bobtnání v lázni Na₂CO₃
- Graf 3 Porovnání neupraveného vzorku s upravenými vzorky
- Graf 4 Prodyšnost v závislosti na čase bobtnání v lázni NaOH
- Graf 5 Prodyšnost v závislosti na čase bobtnání v lázni Na₂CO₃
- Graf 6 Prodyšnost v závislosti na koncentraci lázni NaOH
- Graf 7 Prodyšnost v závislosti na koncentraci lázni Na₂CO₃
- Graf 8 Úpravy tkaniny na tepelnou jímavost, vzorky bobtnané v lázni NaOH
- Graf 9 Úpravy tkaniny na tepelnou jímavost, vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃
- Graf 10 Vliv ultrazvukového vlnění na tepelný tok, vzorky bobtnané v lázni NaOH
- Graf 11 Vliv ultrazvukového vlnění na tepelný tok, vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃
- Graf 12 Vliv ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost, vzorky bobtnané v lázni NaOH
- Graf 13 Vliv ultrazvukového vlnění na měrnou teplotní vodivost, vzorky bobtnané v lázni Na₂CO₃
- Graf 14 Barevné odchylky vzorků připravených v NaOH a ultrazvukovou fibrilací
- Graf 15 Barevné odchylky vzorků připravených v Na₂CO₃ a ultrazvukovou fibrilací
- Graf 16 Vliv fibrilace ultrazvukem v závislosti na koncentraci lázně NaOH
- Graf 17 Vliv fibrilace ultrazvukem v závislosti na koncentraci lázně Na₂CO₃
- Graf 18 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na savost
- Graf 19 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na prodyšnost
- Graf 20 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelnou jímavost
- Graf 21 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelný tok
- Graf 22 Vliv fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na měrnou teplotní vodivost
- Graf 23 Savost - vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při 1 hodině bobtnání v lázni 20 g/l Na₂CO₃ [cm]
- Graf 24 Savost – vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem při 2 hodinách bobtnání v lázni 20 g/l Na₂CO₃ [cm]
- Graf 25 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na prodyšnost [l/m²/s]
- Graf 26 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelnou jímavost [Wm⁻²s^{1/2}K⁻¹]

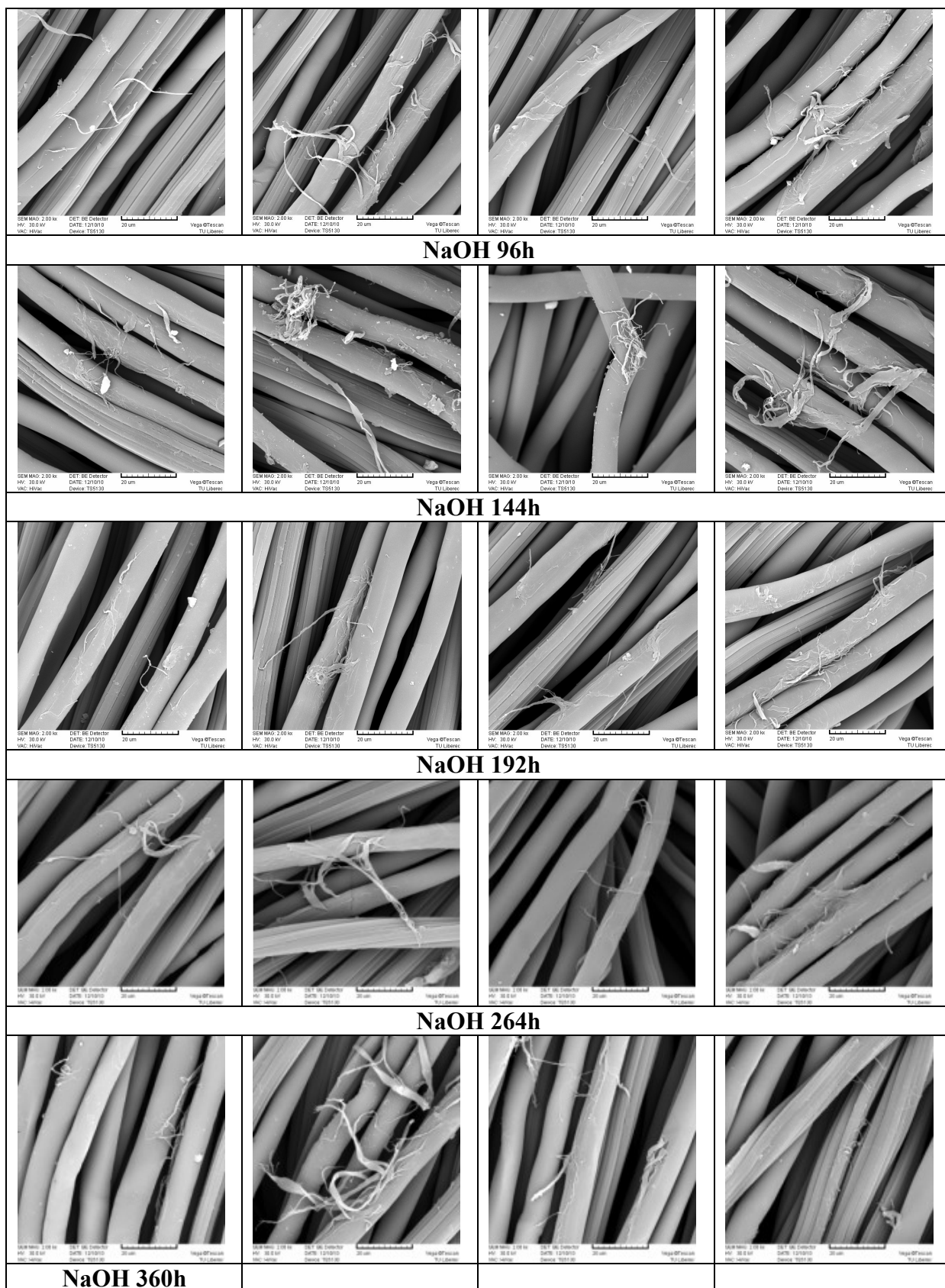
Graf 27 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na tepelný tok [$10^3 \cdot \text{Wm}^2$]

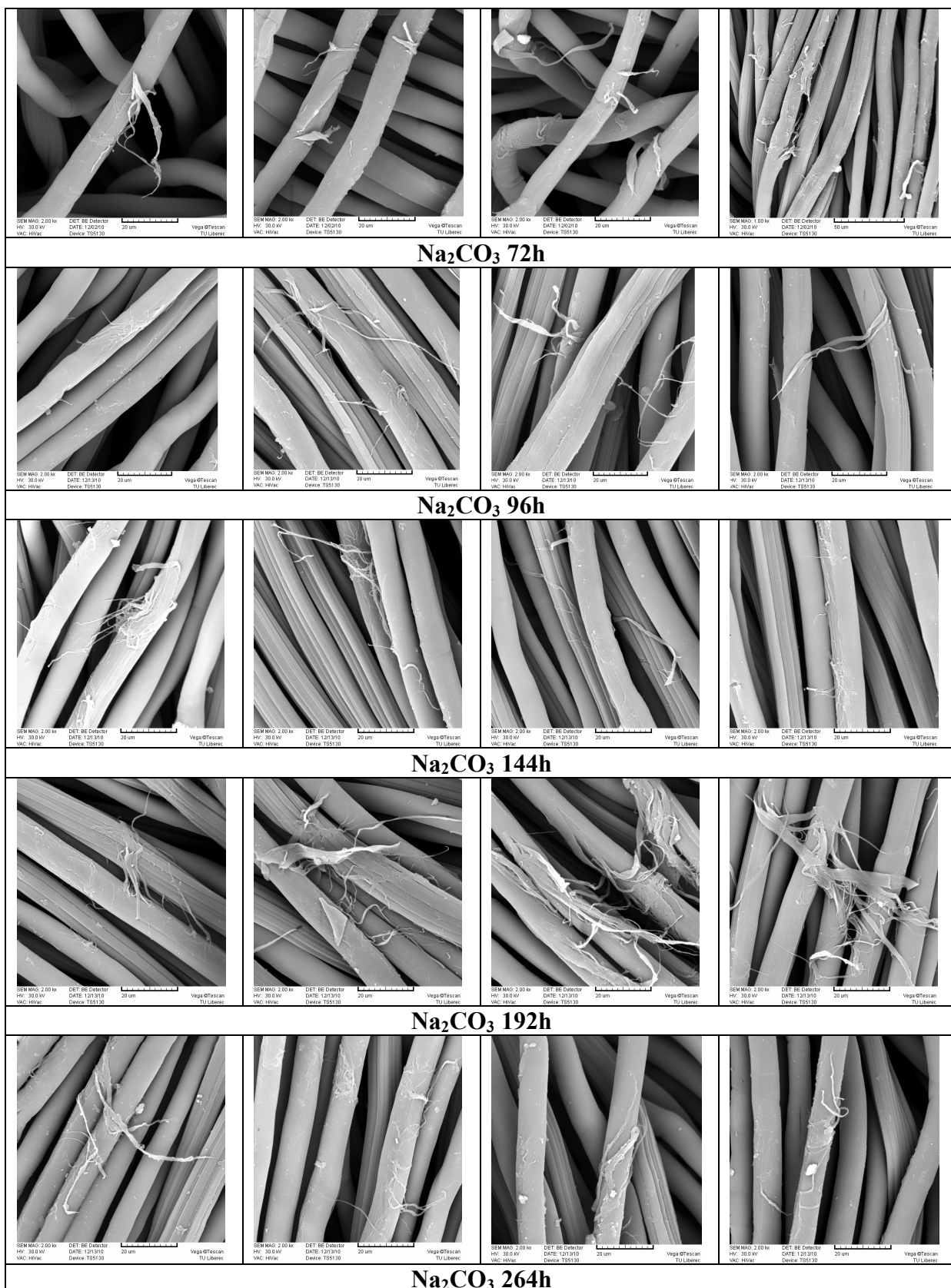
Graf 28 Vliv délky fibrilace ultrazvukovým homogenizátorem na měrnou teplotní
vodivost [$10^{-6} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{-1}$]

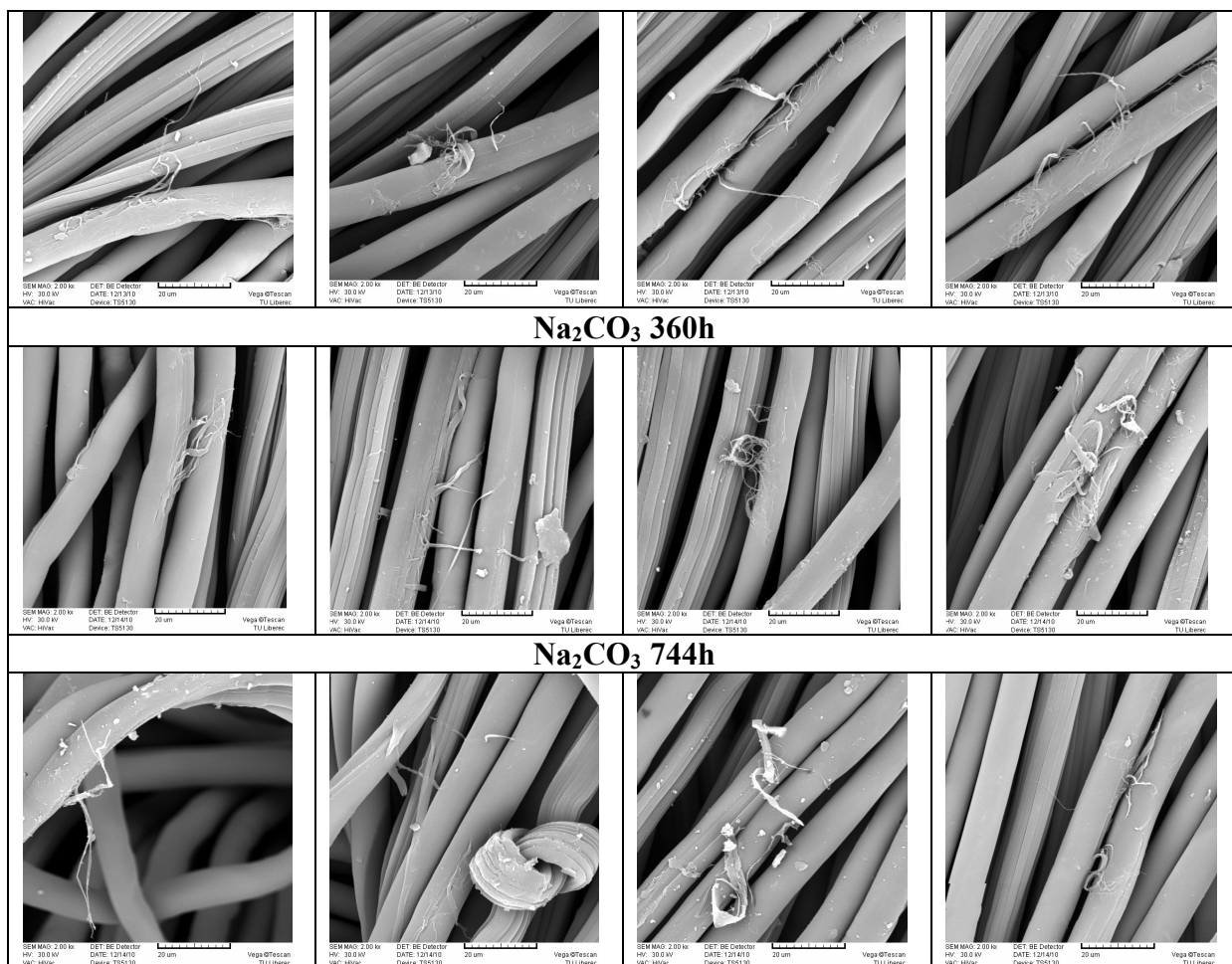
Přílohy – výsledky měření

Tab. 1 Fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) – 1 min
(koncentrace 10g/l)

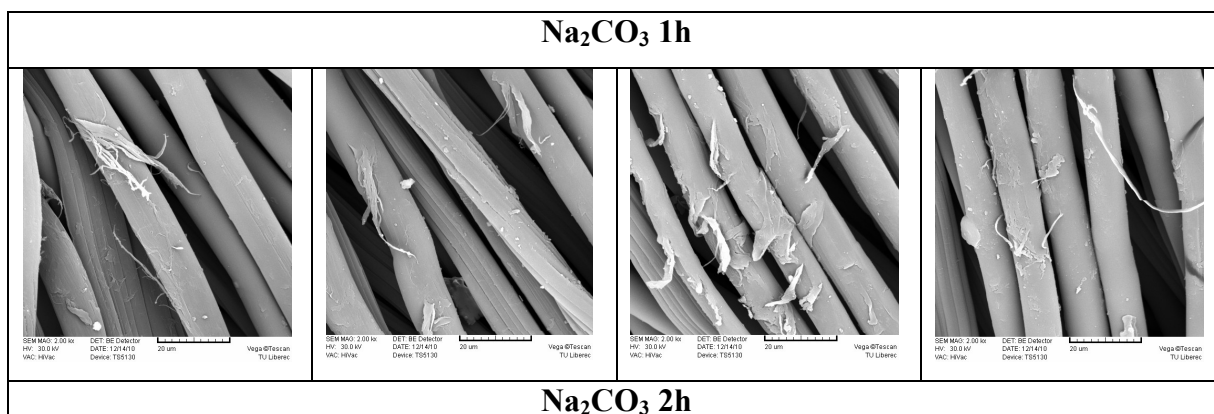


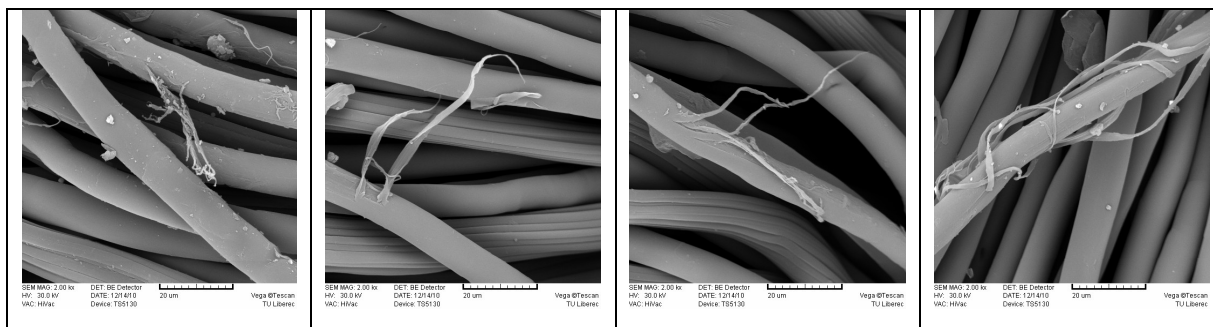




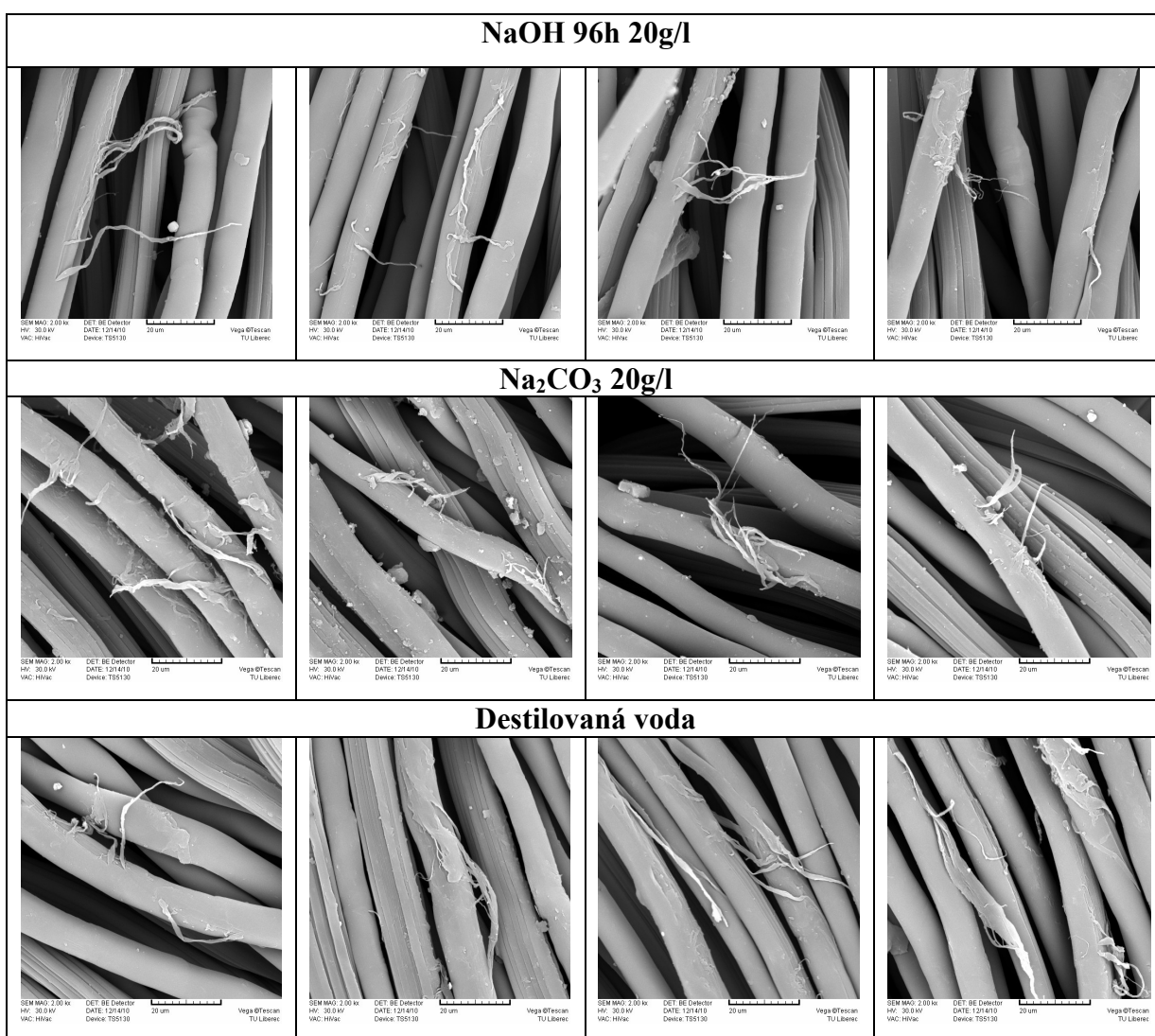


Tab. 2 Fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) – 5 min (koncentrace 20g/l)





Tab. 3 Fibrilace lyocelových vláken v tkanině (lyocel/viskóza) – experiment posouzení
vlivu ultrazvuku, alkálie a časové délky bobtnání



Tab. 4 Změřené hodnoty na spektrofotometru

	L	a	b
L4b lyocel 05 NaOH 01	39,84642	45,64525	16,00018
L4b lyocel 05 NaOH 1	40,07085	44,85975	15,63846
L4b lyocel 05 NaOH 10	38,86781	44,46198	15,86595
L4b lyocel 05 NaOH 20	39,43755	44,74936	15,7481
L4b lyocel 05 NaOH 40	38,77201	44,47049	15,62794
L4b lyocel 05 NaOH 5	40,08722	44,80329	15,46023
L4b lyocel 05 soda 01	38,69207	45,16988	15,89897
L4b lyocel 05 soda 1	39,69249	44,43351	14,87504
L4b lyocel 05 soda 10	39,09216	45,18576	16,10404
L4b lyocel 05 soda 20	38,93777	45,73922	16,89195
L4b lyocel 05 soda 40	38,89453	45,15132	15,86839
L4b lyocel 05 soda 5	38,95247	45,09903	15,81129
L4b lyocel 1 NaOH 01	40,63383	44,55118	14,73272
L4b lyocel 1 NaOH 1	40,48002	44,85285	15,49507
L4b lyocel 1 NaOH 10	39,63885	44,3378	15,29673
L4b lyocel 1 NaOH 20	39,98161	44,84352	15,83198
L4b lyocel 1 NaOH 40	38,64592	44,43231	15,75456
L4b lyocel 1 NaOH 5	40,65749	44,79702	15,15492
L4b lyocel 1 soda 01	39,69445	44,64355	15,44114
L4b lyocel 1 soda 1	40,0772	44,94959	15,42246
L4b lyocel 1 soda 10	39,82407	44,90963	15,62527
L4b lyocel 1 soda 20	39,65468	45,0695	16,05955
L4b lyocel 1 soda 40	39,22399	44,73996	15,62684
L4b lyocel 1 soda 5	39,60483	44,51122	14,96151
L4b lyocel 11 NaOH 01	40,4095	44,97953	15,65457
L4b lyocel 11 NaOH 1	40,03533	45,15937	15,92469
L4b lyocel 11 NaOH 10	39,04921	45,51697	16,29562
L4b lyocel 11 NaOH 20	39,17881	45,82763	16,76536
L4b lyocel 11 NaOH 40	37,82615	44,32265	16,00458
L4b lyocel 11 NaOH 5	39,9159	44,84954	15,85383
L4b lyocel 11 soda 01	40,35242	45,01639	15,48433
L4b lyocel 11 soda 1	40,54167	45,24489	15,96075
L4b lyocel 11 soda 10	39,1265	45,91602	16,91067
L4b lyocel 11 soda 20	39,62637	46,20151	17,32259
L4b lyocel 11 soda 40	39,34178	45,98981	16,71161
L4b lyocel 11 soda 5	40,05677	45,07244	15,935
L4b lyocel 15 NaOH 01	39,39083	45,97099	16,65757
L4b lyocel 15 NaOH 1	39,74879	45,76708	16,52056
L4b lyocel 15 NaOH 10	39,92748	44,79569	15,70429
L4b lyocel 15 NaOH 20	39,92994	44,89993	15,98772
L4b lyocel 15 NaOH 40	37,90752	45,68802	17,17101
L4b lyocel 15 NaOH 5	40,10306	44,94342	16,01377
L4b lyocel 15 soda 01	39,35275	45,95815	16,55902
L4b lyocel 15 soda 1	39,62927	46,14851	17,09492
L4b lyocel 15 soda 10	39,74921	45,67975	16,3043
L4b lyocel 15 soda 20	40,08583	45,97691	16,69733
L4b lyocel 15 soda 40	39,68406	45,98413	16,68931
L4b lyocel 15 soda 5	39,839	46,14438	16,70499
L4b lyocel 2 NaOH 01	40,21948	44,80158	15,4627
L4b lyocel 2 NaOH 1	39,61213	45,83818	16,58949

L4b lyocel 2 NaOH 10	38,8065	45,36237	16,24622
L4b lyocel 2 NaOH 20	39,47498	44,60882	15,60232
L4b lyocel 2 NaOH 40	38,31836	44,53798	15,8995
L4b lyocel 2 NaOH 5	39,95798	44,64877	15,55634
L4b lyocel 2 soda 01	39,64608	45,9663	16,18727
L4b lyocel 2 soda 1	39,97683	45,06199	15,65985
L4b lyocel 2 soda 10	39,69946	44,83913	15,4277
L4b lyocel 2 soda 20	39,28207	45,88939	16,52821
L4b lyocel 2 soda 40	39,44149	45,94806	16,09126
L4b lyocel 2 soda 5	39,48264	45,84871	16,10181
L4b lyocel 2h NaOH 01	40,43493	44,66291	14,95922
L4b lyocel 2h NaOH 1	40,0317	44,71296	15,46366
L4b lyocel 2h NaOH 10	39,04274	45,36261	15,99936
L4b lyocel 2h NaOH 20	38,38442	45,44521	16,57341
L4b lyocel 2h NaOH 40	39,43464	45,33069	16,04446
L4b lyocel 2h NaOH 5	39,51183	44,23456	15,02934
L4b lyocel 2h soda 01	39,97578	44,83022	15,61844
L4b lyocel 2h soda 1	40,24001	45,17505	15,84244
L4b lyocel 2h soda 10	39,08571	45,83824	16,68302
L4b lyocel 2h soda 20	39,57331	45,9215	16,57672
L4b lyocel 2h soda 40	39,48582	45,72488	15,98317
L4b lyocel 2h soda 5	39,62021	44,56609	15,01207
L4b lyocel 3 NaOH 01	40,51379	44,71172	15,21954
L4b lyocel 3 NaOH 1	40,22333	44,61265	15,61272
L4b lyocel 3 NaOH 10	37,55754	45,27746	16,67579
L4b lyocel 3 NaOH 20	38,91718	44,43727	15,74834
L4b lyocel 3 NaOH 40	38,71933	44,5786	15,84768
L4b lyocel 3 NaOH 5	38,75685	45,58641	16,61374
L4b lyocel 3 soda 01	39,35465	44,55362	15,41942
L4b lyocel 3 soda 1	39,45708	45,85513	16,62308
L4b lyocel 3 soda 10	39,81687	44,86827	15,6498
L4b lyocel 3 soda 20	39,80202	44,83299	15,77574
L4b lyocel 3 soda 40	39,7631	45,88473	16,30993
L4b lyocel 3 soda 5	40,13328	44,96962	15,44196
L4b lyocel 31 NaOH 01	39,52778	45,81211	16,29164
L4b lyocel 31 NaOH 1	39,28586	45,84385	16,70079
L4b lyocel 31 NaOH 10	39,656	45,86251	16,52817
L4b lyocel 31 NaOH 20	39,69933	46,07209	16,65294
L4b lyocel 31 NaOH 40	39,07756	45,84791	16,25227
L4b lyocel 31 NaOH 5	39,11905	45,77239	16,77497
L4b lyocel 31 soda 01	40,04372	44,89668	15,40479
L4b lyocel 31 soda 1	39,89267	46,11506	16,93946
L4b lyocel 31 soda 10	39,49746	46,06239	17,1543
L4b lyocel 31 soda 20	40,62401	45,44678	16,09689
L4b lyocel 31 soda 40	39,16303	45,62244	16,22695
L4b lyocel 31 soda 5	40,19759	44,98233	15,55522
L4b lyocel 4 NaOH 01	40,7169	44,8571	15,27176
L4b lyocel 4 NaOH 1	39,95025	45,7318	16,21072
L4b lyocel 4 NaOH 10	40,09439	44,57903	15,20167
L4b lyocel 4 NaOH 20	39,60017	44,87246	15,92489
L4b lyocel 4 NaOH 40	38,60614	44,59275	15,87487
L4b lyocel 4 NaOH 5	40,04977	44,68855	15,48488
L4b lyocel 4 soda 01	39,77076	44,70146	15,28911
L4b lyocel 4 soda 1	39,52648	44,93034	15,97355

L4b lyocel 4 soda 10	39,67149	46,19172	16,92486
L4b lyocel 4 soda 20	39,82236	45,14944	16,18833
L4b lyocel 4 soda 40	39,8025	44,91556	15,85319
L4b lyocel 4 soda 5	39,67907	45,01195	15,81492
L4b lyocel 6 NaOH 01	40,52896	44,73782	15,07048
L4b lyocel 6 NaOH 1	40,39027	44,71473	15,24259
L4b lyocel 6 NaOH 10	38,98625	45,48432	16,37766
L4b lyocel 6 NaOH 20	39,6338	44,47198	15,26747
L4b lyocel 6 NaOH 40	38,01264	45,7415	17,21511
L4b lyocel 6 NaOH 5	40,39958	44,54358	15,08102
L4b lyocel 6 soda 01	38,78629	45,77745	16,91762
L4b lyocel 6 soda 1	40,11178	45,30449	16,42855
L4b lyocel 6 soda 10	40,1577	44,77938	15,5984
L4b lyocel 6 soda 20	40,30209	45,22319	16,37063
L4b lyocel 6 soda 40	39,1866	45,94594	17,12735
L4b lyocel 6 soda 5	40,32883	45,20123	15,78969
L4b lyocel 8 NaOH 01	40,48323	44,69332	15,13332
L4b lyocel 8 NaOH 1	40,39275	45,87738	16,12922
L4b lyocel 8 NaOH 10	39,23189	45,8196	16,69106
L4b lyocel 8 NaOH 20	39,68241	44,73023	15,85042
L4b lyocel 8 NaOH 40	38,87572	45,72882	16,57447
L4b lyocel 8 NaOH 5	40,14262	44,81731	15,60487
L4b lyocel 8 soda 01	39,05457	45,82969	16,75757
L4b lyocel 8 soda 1	40,11765	46,26448	17,05726
L4b lyocel 8 soda 10	39,23849	46,03581	16,8278
L4b lyocel 8 soda 20	40,32537	45,26916	16,44462
L4b lyocel 8 soda 40	39,36565	45,98315	16,97815
L4b lyocel 8 soda 5	40,20398	45,21392	16,02603
Standard L4b lyocel	38,89648	45,57093	16,31752

Tab. 5 Spektrofotometr – spektrum

400	410	420	430	440	450	460	470	480
0,110985	0,099911	0,088562	0,079182	0,070438	0,063451	0,05737	0,05273	0,049069
0,109668	0,09929	0,088846	0,080062	0,071951	0,065474	0,059786	0,055306	0,051829
0,101307	0,091382	0,081767	0,073541	0,065949	0,059967	0,054724	0,050637	0,047502
0,105416	0,095424	0,085186	0,0766	0,068633	0,062499	0,057123	0,052949	0,049589
0,101715	0,091789	0,081809	0,07359	0,066185	0,060166	0,054923	0,050821	0,047685
0,111167	0,100594	0,089917	0,080834	0,072513	0,065889	0,060151	0,055629	0,052068
0,100571	0,091055	0,08152	0,073031	0,065223	0,059164	0,053821	0,049676	0,046453
0,109901	0,099934	0,089226	0,080393	0,072356	0,065616	0,060033	0,055526	0,052002
0,103283	0,093369	0,082949	0,074364	0,06659	0,060252	0,054763	0,050484	0,047278
0,099808	0,089793	0,079858	0,071468	0,063789	0,057855	0,052524	0,048565	0,045418
0,103596	0,093196	0,082674	0,074202	0,066291	0,059976	0,054554	0,050302	0,04695
0,103932	0,093785	0,083476	0,074758	0,06662	0,060333	0,054822	0,050511	0,047226
0,117728	0,10655	0,095422	0,08575	0,077078	0,070169	0,064039	0,059176	0,055395
0,113412	0,102418	0,09141	0,082541	0,074116	0,067619	0,061765	0,057159	0,053579
0,107843	0,097378	0,086993	0,078504	0,070743	0,064413	0,059097	0,054816	0,051452
0,108029	0,097903	0,087309	0,078827	0,070799	0,0646	0,059176	0,054883	0,051455

0,099544	0,09001	0,0804	0,07247	0,065004	0,059315	0,054411	0,050509	0,047377
0,115933	0,104961	0,094052	0,084609	0,075956	0,069172	0,063156	0,058462	0,05467
0,107646	0,097814	0,087223	0,078519	0,070691	0,064364	0,058839	0,054486	0,051115
0,110354	0,100168	0,08963	0,08078	0,072459	0,066015	0,060301	0,055826	0,052317
0,108029	0,097782	0,087657	0,078776	0,070784	0,06445	0,058859	0,054558	0,051087
0,105138	0,09516	0,084939	0,076693	0,068763	0,062725	0,05735	0,053159	0,04987
0,104636	0,094369	0,084208	0,075936	0,068201	0,062002	0,056535	0,052326	0,049013
0,108668	0,098553	0,088378	0,07956	0,071651	0,065198	0,059513	0,0551	0,051639
0,112872	0,101927	0,090976	0,081941	0,073522	0,066839	0,060931	0,056343	0,0528
0,10928	0,09879	0,087839	0,079099	0,07104	0,064612	0,059023	0,054491	0,050979
0,10347	0,092984	0,082434	0,073822	0,065876	0,059566	0,054086	0,049945	0,046697
0,103554	0,092745	0,081772	0,073078	0,065326	0,059029	0,05352	0,049324	0,046164
0,094085	0,084908	0,075583	0,067911	0,060994	0,055633	0,050916	0,047206	0,044427
0,108783	0,098026	0,08725	0,078511	0,07048	0,064273	0,05874	0,054447	0,051065
0,112594	0,101718	0,091062	0,08189	0,073611	0,066989	0,061236	0,056745	0,053098
0,111734	0,101136	0,090196	0,081365	0,073134	0,066628	0,061002	0,056545	0,052903
0,101886	0,091634	0,081223	0,072781	0,064628	0,058461	0,053067	0,048868	0,045553
0,103977	0,092903	0,082262	0,073739	0,065785	0,05941	0,054069	0,049893	0,046662
0,103713	0,093162	0,082738	0,074168	0,06617	0,059807	0,054315	0,050006	0,046706
0,108591	0,098435	0,088	0,079187	0,070968	0,064637	0,059112	0,054619	0,051171
0,105362	0,09466	0,083544	0,074726	0,066603	0,060018	0,054495	0,050132	0,046669
0,107467	0,096713	0,085456	0,076652	0,068447	0,061817	0,056168	0,051775	0,048377
0,109108	0,098884	0,08787	0,079035	0,07115	0,064703	0,059046	0,054609	0,051169
0,10793	0,097445	0,086816	0,078198	0,070217	0,06398	0,058531	0,054228	0,050871
0,093846	0,084051	0,074007	0,066167	0,058858	0,053291	0,048372	0,044602	0,041756
0,108884	0,098482	0,087728	0,078879	0,070968	0,064718	0,059082	0,054747	0,051373
0,104186	0,093795	0,083368	0,074601	0,066541	0,060186	0,054746	0,050378	0,046977
0,10391	0,093398	0,082853	0,074168	0,066332	0,060063	0,054618	0,050464	0,047165
0,108318	0,097388	0,086733	0,077514	0,068992	0,062272	0,05655	0,052063	0,048621
0,108526	0,097686	0,086755	0,077722	0,069387	0,062806	0,057141	0,052708	0,049156
0,105759	0,095163	0,084794	0,07591	0,067663	0,061135	0,055642	0,051279	0,047867
0,107425	0,09654	0,085706	0,076774	0,068356	0,061706	0,056109	0,051651	0,048155
0,112258	0,101129	0,090209	0,081292	0,073061	0,066502	0,060697	0,056324	0,052726
0,105242	0,095138	0,084243	0,075635	0,067673	0,061118	0,055652	0,051334	0,047916
0,101976	0,091575	0,081245	0,07273	0,064965	0,058726	0,053385	0,049275	0,045994
0,105665	0,095786	0,08552	0,076809	0,069176	0,063072	0,057694	0,053513	0,050163
0,097652	0,087964	0,078446	0,070647	0,063261	0,057686	0,052883	0,049011	0,046044
0,109101	0,098778	0,088343	0,079354	0,071393	0,065262	0,059671	0,055289	0,051883
0,107965	0,097193	0,086419	0,077279	0,068849	0,062248	0,056488	0,051984	0,048402
0,109116	0,098886	0,088196	0,079506	0,071285	0,065004	0,059439	0,055058	0,051573
0,108221	0,097698	0,087606	0,078719	0,070833	0,064413	0,058812	0,054447	0,050979
0,103808	0,093484	0,083061	0,074405	0,066298	0,059935	0,054478	0,050243	0,046938
0,106346	0,095983	0,085537	0,076551	0,068223	0,061687	0,055915	0,051489	0,047978
0,107032	0,096045	0,085628	0,07651	0,068388	0,061829	0,056048	0,051728	0,048207
0,115336	0,104135	0,093155	0,083815	0,075423	0,068734	0,062794	0,058203	0,054441
0,110545	0,099658	0,089133	0,080253	0,072088	0,065717	0,060111	0,055627	0,052184
0,104223	0,093746	0,083226	0,074506	0,066475	0,060299	0,054842	0,05059	0,047177
0,097471	0,08773	0,07777	0,069765	0,062315	0,056386	0,05135	0,047381	0,044272
0,106692	0,095818	0,084993	0,076194	0,068297	0,06177	0,056134	0,051807	0,048367
0,108223	0,097836	0,087405	0,078844	0,070939	0,06461	0,059051	0,05474	0,051381
0,108681	0,098546	0,088118	0,079376	0,071479	0,065087	0,059585	0,055255	0,051743
0,110279	0,099759	0,089003	0,080251	0,072157	0,065715	0,059971	0,05556	0,052048
0,102023	0,091621	0,08125	0,072904	0,065058	0,058854	0,053515	0,049388	0,046016
0,104981	0,094795	0,084184	0,075427	0,067452	0,061096	0,055519	0,051211	0,047835

0,107622	0,097011	0,086098	0,077088	0,068732	0,062019	0,056331	0,051831	0,048283
0,108792	0,099017	0,088424	0,079628	0,071614	0,065045	0,059405	0,055028	0,051546
0,114819	0,103844	0,092726	0,08343	0,075099	0,06837	0,062501	0,057947	0,05417
0,110632	0,100101	0,089243	0,080559	0,072528	0,066234	0,060574	0,056173	0,052706
0,092429	0,082915	0,073571	0,065728	0,05861	0,053119	0,048224	0,044533	0,041662
0,101533	0,091673	0,081704	0,073741	0,06632	0,060528	0,055354	0,051307	0,048177
0,100725	0,090734	0,080836	0,072668	0,065309	0,059351	0,054308	0,050319	0,047273
0,100178	0,090012	0,079824	0,07138	0,063801	0,05773	0,052467	0,048405	0,045339
0,105093	0,095264	0,085218	0,076801	0,069176	0,063001	0,057702	0,053491	0,050151
0,104367	0,094093	0,083522	0,074866	0,06677	0,060402	0,054965	0,05076	0,047428
0,108062	0,097474	0,087211	0,078648	0,070684	0,064349	0,058822	0,054526	0,051152
0,106689	0,096629	0,086427	0,078009	0,070205	0,063985	0,058642	0,054373	0,051018
0,107231	0,096727	0,086032	0,077171	0,068928	0,062496	0,05685	0,0524	0,048941
0,110776	0,100444	0,089875	0,080905	0,072712	0,066192	0,060485	0,056001	0,052487
0,107393	0,096304	0,085444	0,076404	0,067997	0,061598	0,055787	0,051321	0,047798
0,103788	0,093383	0,082662	0,073776	0,065807	0,059647	0,054106	0,049858	0,0466
0,108037	0,096954	0,085561	0,076495	0,068086	0,061438	0,055671	0,051114	0,047707
0,108129	0,096843	0,08565	0,076338	0,067899	0,061283	0,055543	0,051075	0,047581
0,105904	0,094529	0,083708	0,074697	0,066251	0,059757	0,054054	0,049582	0,046189
0,102565	0,092159	0,081515	0,072776	0,064935	0,058751	0,05337	0,049147	0,045982
0,111154	0,100431	0,089652	0,080647	0,072348	0,06585	0,060151	0,055782	0,052167
0,106898	0,095914	0,085243	0,076201	0,068012	0,061426	0,055733	0,05141	0,047956
0,102324	0,092085	0,081831	0,073433	0,065471	0,059398	0,054126	0,049964	0,046684
0,111875	0,100823	0,090172	0,081431	0,07307	0,066765	0,061032	0,056494	0,052938
0,103624	0,093226	0,082885	0,074479	0,066551	0,060289	0,054788	0,05055	0,047224
0,111381	0,100791	0,090189	0,081169	0,072781	0,066057	0,060384	0,055883	0,052258
0,116422	0,105178	0,093782	0,084582	0,076014	0,069108	0,063124	0,058398	0,054616
0,110413	0,099142	0,087839	0,078599	0,070011	0,063439	0,057616	0,053028	0,049552
0,112181	0,10104	0,090424	0,081316	0,073083	0,06662	0,060899	0,05641	0,052899
0,105986	0,095476	0,084946	0,076618	0,068935	0,062838	0,057443	0,053252	0,049991
0,099596	0,090185	0,079826	0,072061	0,064609	0,058916	0,053912	0,049994	0,046876
0,110622	0,099724	0,089103	0,080182	0,072105	0,065838	0,060089	0,055686	0,052199
0,109233	0,098793	0,0884	0,079528	0,07144	0,064981	0,059405	0,055023	0,05162
0,104534	0,094825	0,084762	0,076167	0,068535	0,062373	0,056976	0,052885	0,049557
0,105538	0,094596	0,084054	0,075165	0,067096	0,060636	0,054965	0,050647	0,047273
0,105725	0,095547	0,085338	0,076924	0,069269	0,063175	0,057776	0,053489	0,050134
0,106344	0,096417	0,086385	0,077784	0,07006	0,063825	0,058416	0,054186	0,050775
0,107119	0,096708	0,086179	0,077593	0,069763	0,063328	0,057877	0,053533	0,050146
0,115781	0,104781	0,093564	0,084134	0,075587	0,068808	0,062801	0,058171	0,054473
0,11414	0,102782	0,091905	0,082796	0,07445	0,067777	0,061952	0,05739	0,053709
0,103333	0,092676	0,081904	0,073291	0,065461	0,059187	0,053624	0,049511	0,046201
0,108651	0,098167	0,087552	0,078906	0,070789	0,064438	0,058974	0,054649	0,051245
0,094798	0,08449	0,074642	0,066478	0,059263	0,053542	0,048615	0,044797	0,041901
0,114369	0,103502	0,09253	0,083305	0,074824	0,068296	0,062403	0,057735	0,054084
0,099992	0,089748	0,079326	0,071042	0,063271	0,057083	0,0518	0,047735	0,044602
0,107845	0,097331	0,086655	0,078016	0,070008	0,063655	0,058137	0,053797	0,05041
0,111443	0,100762	0,09004	0,080917	0,072535	0,065872	0,059964	0,055471	0,051928
0,109021	0,098408	0,087885	0,079146	0,070959	0,064524	0,059051	0,054651	0,051243
0,100489	0,090677	0,080559	0,072144	0,064201	0,058244	0,053033	0,048881	0,045654
0,111353	0,101198	0,090299	0,081106	0,072724	0,066153	0,06032	0,055789	0,052172
0,115008	0,103719	0,092817	0,08358	0,075216	0,068444	0,062587	0,057989	0,054303
0,113976	0,102151	0,090559	0,081167	0,07239	0,065469	0,05939	0,054725	0,05106
0,104616	0,093322	0,082427	0,073724	0,065645	0,059369	0,053865	0,049647	0,046369
0,106848	0,096262	0,085762	0,077144	0,069458	0,063338	0,057901	0,053762	0,050388

0,101526	0,091722	0,081083	0,072423	0,064469	0,058261	0,052807	0,048651	0,045326
0,110804	0,099941	0,089128	0,080353	0,072154	0,065843	0,060269	0,055821	0,052307
0,102493	0,091892	0,081409	0,072818	0,064849	0,058527	0,05304	0,048831	0,04558
0,108173	0,097319	0,08614	0,077125	0,0687	0,062088	0,056242	0,051851	0,048414
0,10345	0,092863	0,082096	0,073484	0,065515	0,059194	0,053515	0,049248	0,045952
0,108688	0,098445	0,087743	0,078952	0,07075	0,064465	0,058991	0,05471	0,051193
0,103746	0,092799	0,082186	0,073543	0,065566	0,05927	0,053821	0,049516	0,046223
0,109827	0,099101	0,08841	0,079636	0,071386	0,065107	0,059405	0,055006	0,051474
0,102652	0,09224	0,082005	0,073254	0,065169	0,058909	0,053429	0,049235	0,045925

490	500	510	520	530	540	550	560	570
0,046216	0,044232	0,043062	0,043188	0,044859	0,047534	0,05146	0,057793	0,069723
0,048919	0,046827	0,045561	0,045519	0,046938	0,049356	0,05319	0,059641	0,071672
0,044872	0,043143	0,042106	0,042175	0,043684	0,046088	0,049628	0,055413	0,066305
0,04686	0,044855	0,043703	0,043635	0,045011	0,047365	0,050994	0,057069	0,068533
0,045001	0,04317	0,042084	0,042053	0,043438	0,045686	0,049044	0,05486	0,065541
0,049164	0,047043	0,045791	0,045722	0,047185	0,049703	0,053426	0,059764	0,071697
0,043878	0,042005	0,040979	0,040955	0,042408	0,044726	0,048107	0,053699	0,063988
0,049188	0,04708	0,045838	0,04568	0,046963	0,049396	0,052819	0,058582	0,069524
0,044623	0,042718	0,04168	0,041817	0,043216	0,045676	0,049332	0,05527	0,066474
0,042904	0,041166	0,040244	0,040301	0,04176	0,044209	0,047816	0,053804	0,065009
0,044327	0,042455	0,041383	0,041402	0,042847	0,045266	0,048743	0,054498	0,065355
0,044552	0,042663	0,041687	0,041735	0,043176	0,045661	0,049122	0,054825	0,065556
0,052185	0,04997	0,048439	0,048262	0,049593	0,052082	0,055857	0,062335	0,074619
0,050503	0,048319	0,04703	0,046878	0,048297	0,05078	0,054639	0,061332	0,073804
0,048638	0,046602	0,045301	0,04523	0,046477	0,048809	0,052405	0,058464	0,069839
0,04854	0,046543	0,045373	0,04523	0,046569	0,048974	0,052746	0,059176	0,071193
0,044843	0,043017	0,041952	0,041839	0,043039	0,045201	0,048538	0,054209	0,064873
0,051561	0,049319	0,047931	0,047777	0,049152	0,051642	0,055524	0,062134	0,074629
0,048286	0,046258	0,045033	0,045059	0,046382	0,048679	0,052263	0,058276	0,06963
0,049349	0,047245	0,045908	0,045775	0,047103	0,049478	0,053155	0,059465	0,071155
0,048251	0,046142	0,044848	0,044821	0,04617	0,048614	0,05232	0,058502	0,070159
0,047099	0,045147	0,044003	0,043946	0,0452	0,047609	0,051308	0,057542	0,069194
0,04635	0,04442	0,043322	0,04332	0,044662	0,047007	0,050478	0,05625	0,067278
0,048757	0,046691	0,045435	0,0453	0,046599	0,048899	0,05232	0,058055	0,068942
0,049731	0,047594	0,046351	0,046289	0,047733	0,050315	0,054253	0,06095	0,07352
0,048103	0,046023	0,044815	0,044835	0,04617	0,048706	0,052558	0,059113	0,071326
0,044034	0,042139	0,041098	0,041158	0,042562	0,044941	0,048483	0,054495	0,065715
0,043503	0,041725	0,040699	0,040838	0,042281	0,044769	0,048422	0,054558	0,066103
0,042051	0,040387	0,039394	0,039432	0,040638	0,04269	0,045873	0,0512	0,061226
0,04815	0,04611	0,044929	0,044875	0,046285	0,048749	0,052591	0,059027	0,071115
0,050098	0,047914	0,046557	0,046473	0,047801	0,050258	0,054095	0,060535	0,072748
0,049886	0,047775	0,0465	0,046475	0,047868	0,050355	0,054343	0,061156	0,073769
0,043015	0,041216	0,040248	0,040453	0,041967	0,044576	0,04832	0,054511	0,066073
0,044016	0,04221	0,041182	0,041345	0,042844	0,045468	0,049455	0,056014	0,068233
0,043999	0,042119	0,041046	0,041126	0,042612	0,045146	0,048876	0,055089	0,066804
0,048335	0,046293	0,04512	0,045116	0,046661	0,049243	0,05304	0,059485	0,07148
0,044002	0,042166	0,041056	0,041104	0,04261	0,045273	0,049004	0,055257	0,067086
0,045671	0,043645	0,042574	0,042681	0,044156	0,046732	0,050591	0,057092	0,069194
0,048332	0,04636	0,045182	0,045059	0,046477	0,048969	0,052774	0,059206	0,071173
0,048024	0,046048	0,044838	0,044833	0,046178	0,048666	0,052486	0,059057	0,071127
0,039429	0,037853	0,037031	0,037148	0,038469	0,040713	0,044006	0,049624	0,060167
0,048569	0,046466	0,045284	0,045216	0,046679	0,049198	0,05308	0,059703	0,072068
0,04427	0,042398	0,041204	0,04124	0,042735	0,045241	0,049004	0,055144	0,066794

0,044421	0,042577	0,041494	0,041611	0,043136	0,045666	0,049545	0,056004	0,068128
0,045812	0,043908	0,042819	0,0429	0,044505	0,047187	0,051062	0,057446	0,069436
0,046325	0,044338	0,043235	0,043342	0,044919	0,047607	0,051613	0,058301	0,070883
0,045065	0,043059	0,042009	0,042083	0,043637	0,04627	0,050167	0,056594	0,068657
0,045375	0,043415	0,042314	0,042425	0,043934	0,0466	0,05051	0,057034	0,069171
0,049728	0,047656	0,046356	0,046199	0,047601	0,05	0,053774	0,060219	0,072345
0,045153	0,043178	0,042128	0,042088	0,043595	0,046115	0,049896	0,05626	0,068324
0,043417	0,041607	0,040499	0,040527	0,041964	0,044304	0,047818	0,053709	0,06482
0,047494	0,045474	0,044224	0,04417	0,045422	0,047764	0,05129	0,057331	0,068722
0,043553	0,041832	0,040729	0,040681	0,041877	0,043964	0,047197	0,052756	0,063109
0,048961	0,046924	0,045672	0,045586	0,046851	0,049301	0,052972	0,059374	0,071286
0,045533	0,043574	0,042354	0,042334	0,043799	0,04628	0,050009	0,05622	0,067976
0,048636	0,046543	0,045194	0,045081	0,046362	0,048796	0,052471	0,058826	0,070774
0,048182	0,046137	0,044863	0,044763	0,046095	0,048459	0,051982	0,058017	0,069456
0,044164	0,042314	0,041167	0,041218	0,0426	0,045033	0,048743	0,05487	0,066469
0,045116	0,043165	0,041871	0,041904	0,043241	0,045648	0,049315	0,055393	0,0669
0,045331	0,043292	0,042151	0,042145	0,043502	0,04594	0,049623	0,055717	0,06727
0,051322	0,04896	0,047572	0,04735	0,048646	0,05109	0,054827	0,061212	0,073436
0,049265	0,047142	0,045848	0,045762	0,04705	0,049441	0,053147	0,059555	0,071508
0,044473	0,042638	0,04142	0,041461	0,042779	0,045148	0,048688	0,054581	0,065793
0,041836	0,039946	0,038983	0,039056	0,040346	0,04264	0,046126	0,051851	0,062693
0,045585	0,043579	0,042406	0,042411	0,043866	0,046358	0,050029	0,056273	0,068017
0,048483	0,046444	0,045182	0,045057	0,046325	0,048629	0,052117	0,058092	0,069264
0,048897	0,046803	0,045477	0,045387	0,046676	0,049089	0,052829	0,059145	0,0711
0,049139	0,047018	0,045645	0,045524	0,046886	0,049381	0,053235	0,059877	0,072166
0,043491	0,041664	0,040521	0,040624	0,042004	0,044491	0,048122	0,054126	0,065571
0,045094	0,043094	0,041957	0,041991	0,043395	0,045905	0,049656	0,056006	0,067949
0,045449	0,043485	0,042312	0,042319	0,043757	0,046275	0,049906	0,056029	0,06753
0,048579	0,046481	0,045197	0,045099	0,04636	0,048724	0,052195	0,058105	0,069181
0,051063	0,048896	0,04752	0,047375	0,048738	0,051217	0,05503	0,061634	0,074011
0,049832	0,047772	0,046453	0,046388	0,047808	0,050308	0,054102	0,060628	0,072872
0,039382	0,037925	0,036917	0,036979	0,038224	0,040389	0,043572	0,048885	0,058924
0,045597	0,043742	0,042666	0,042599	0,043869	0,046175	0,049591	0,055388	0,0663
0,044677	0,042846	0,041806	0,041777	0,042981	0,045196	0,048563	0,054304	0,065125
0,042724	0,040973	0,039934	0,040023	0,041453	0,043772	0,047237	0,053163	0,064258
0,0474	0,045469	0,044236	0,044085	0,045342	0,047589	0,051034	0,056961	0,068067
0,044635	0,042765	0,041658	0,041737	0,043176	0,045713	0,049485	0,055742	0,0675
0,048305	0,046219	0,045088	0,044905	0,046215	0,048631	0,052273	0,058499	0,070157
0,048162	0,046253	0,044954	0,044868	0,04615	0,048536	0,052222	0,058527	0,070235
0,046066	0,044044	0,042837	0,042734	0,044146	0,04668	0,050443	0,056856	0,068876
0,049511	0,047382	0,046046	0,045931	0,047212	0,049676	0,053343	0,059646	0,071546
0,044988	0,043106	0,04196	0,041973	0,043485	0,046033	0,049804	0,056104	0,067903
0,04391	0,042077	0,040984	0,041054	0,04259	0,045028	0,048741	0,055016	0,066653
0,044845	0,042925	0,041873	0,042006	0,043552	0,046263	0,050212	0,056692	0,068848
0,044722	0,042804	0,041759	0,041802	0,043315	0,045945	0,049794	0,056318	0,06868
0,043486	0,041614	0,040491	0,04052	0,041964	0,044394	0,047991	0,05401	0,065423
0,043375	0,041597	0,040526	0,040624	0,042081	0,044594	0,048295	0,054428	0,065977
0,04925	0,047139	0,045759	0,045683	0,04701	0,049406	0,053087	0,059435	0,071266
0,045269	0,043373	0,042287	0,042438	0,043986	0,046677	0,050658	0,057283	0,069741
0,04411	0,042262	0,041242	0,04128	0,042715	0,045291	0,049109	0,055632	0,067656
0,049936	0,047758	0,046465	0,046366	0,047786	0,050293	0,054215	0,061116	0,073888
0,044448	0,042544	0,04138	0,041377	0,042777	0,045163	0,048763	0,054865	0,066139
0,049331	0,047248	0,046012	0,045973	0,047417	0,049898	0,053696	0,060113	0,072063
0,051492	0,049314	0,047909	0,047755	0,049185	0,051704	0,055699	0,062388	0,074934

0,046606	0,044618	0,043406	0,043469	0,044978	0,047587	0,051428	0,057959	0,070127
0,049963	0,047869	0,046512	0,046388	0,047704	0,05006	0,053764	0,059998	0,071793
0,04722	0,045256	0,04405	0,044043	0,045352	0,047684	0,051315	0,057537	0,069093
0,044441	0,042604	0,04141	0,041427	0,042625	0,044806	0,048157	0,053804	0,064482
0,049218	0,047189	0,045987	0,045911	0,047235	0,049671	0,053396	0,059706	0,071626
0,048702	0,046629	0,045407	0,045265	0,046547	0,048924	0,052501	0,058555	0,06994
0,046845	0,044845	0,04375	0,043737	0,045041	0,047507	0,051127	0,057303	0,068859
0,044524	0,04273	0,041601	0,041675	0,043221	0,045813	0,049696	0,05618	0,068314
0,047363	0,045397	0,044169	0,044192	0,045512	0,047952	0,051694	0,058241	0,070227
0,04793	0,045907	0,044699	0,044637	0,045943	0,048319	0,052029	0,058401	0,070235
0,047351	0,04535	0,044154	0,044177	0,045557	0,047984	0,051643	0,057833	0,069436
0,051317	0,049086	0,047681	0,047496	0,048843	0,051322	0,055098	0,061636	0,07389
0,050737	0,048544	0,047193	0,047047	0,048377	0,05083	0,054599	0,061081	0,07325
0,043538	0,041792	0,040754	0,04083	0,042331	0,044796	0,048412	0,05441	0,065665
0,048421	0,046365	0,045095	0,045004	0,046285	0,048581	0,052192	0,058233	0,06965
0,039565	0,037994	0,037143	0,037268	0,038688	0,040971	0,044374	0,050042	0,060684
0,051048	0,048898	0,047503	0,04736	0,048756	0,051147	0,054917	0,061423	0,073492
0,042174	0,040429	0,03952	0,03966	0,041194	0,043709	0,04731	0,053254	0,064331
0,047602	0,045642	0,044506	0,044582	0,046118	0,048796	0,052749	0,059359	0,07179
0,048959	0,046978	0,045858	0,045944	0,047512	0,05021	0,054107	0,060523	0,072494
0,048369	0,046362	0,045239	0,04532	0,046781	0,049528	0,053551	0,060382	0,072998
0,04302	0,041263	0,040266	0,040361	0,041877	0,044479	0,048332	0,054664	0,066444
0,049188	0,046996	0,045821	0,045797	0,0473	0,049901	0,053794	0,06037	0,072685
0,051097	0,048943	0,04751	0,047397	0,048733	0,051197	0,05502	0,061561	0,073794
0,048012	0,045989	0,044615	0,044614	0,046203	0,048859	0,052889	0,0596	0,072252
0,04376	0,041906	0,0409	0,040994	0,042463	0,044983	0,048703	0,05491	0,066381
0,047635	0,045669	0,044476	0,044413	0,045749	0,048154	0,051887	0,058138	0,069892
0,042734	0,040981	0,039936	0,040011	0,041548	0,043977	0,047578	0,053596	0,064808
0,04941	0,047273	0,046024	0,045956	0,047245	0,049713	0,053466	0,059894	0,072017
0,042961	0,041245	0,040184	0,040319	0,041884	0,044499	0,048187	0,054342	0,065755
0,045575	0,043638	0,042559	0,042716	0,044375	0,04714	0,051225	0,058057	0,07087
0,043299	0,041458	0,040471	0,040632	0,042176	0,044806	0,048588	0,054759	0,066358
0,048382	0,046404	0,045279	0,04531	0,046831	0,049468	0,053468	0,060309	0,073041
0,043565	0,041777	0,040761	0,040927	0,042508	0,045173	0,048919	0,055315	0,06726
0,048646	0,046622	0,045331	0,045372	0,046796	0,049381	0,053235	0,059812	0,072055
0,043333	0,041498	0,040372	0,040443	0,041827	0,044316	0,047881	0,053802	0,064845

580	590	600	610	620	630	640	650	660
0,092349	0,131485	0,1946	0,284031	0,389346	0,49615	0,58612	0,651398	0,694272
0,094036	0,132521	0,194277	0,282242	0,38675	0,493375	0,583344	0,648641	0,691333
0,086582	0,121753	0,179158	0,262349	0,363407	0,469994	0,563404	0,633315	0,679924
0,089933	0,126875	0,18671	0,272445	0,375239	0,481794	0,573594	0,641291	0,686033
0,085605	0,120687	0,17809	0,261195	0,362019	0,468442	0,561798	0,631721	0,678685
0,093995	0,132357	0,194201	0,282019	0,386432	0,492799	0,582742	0,648293	0,691073
0,083702	0,118498	0,17623	0,261528	0,366517	0,477334	0,573773	0,645287	0,692127
0,090208	0,126499	0,185738	0,27147	0,375208	0,484049	0,578892	0,649387	0,695741
0,087486	0,124027	0,183356	0,268803	0,371976	0,48015	0,574905	0,645739	0,692478
0,08612	0,12291	0,18291	0,269974	0,375272	0,485178	0,580353	0,650598	0,696507
0,085724	0,12151	0,180069	0,264927	0,368083	0,477176	0,573227	0,64545	0,693313
0,085977	0,121715	0,180457	0,265798	0,369174	0,477907	0,573492	0,644797	0,691908
0,097457	0,136794	0,199709	0,288384	0,392702	0,498362	0,586875	0,650755	0,692509
0,096869	0,136397	0,199414	0,28845	0,393346	0,499331	0,588313	0,652289	0,694023
0,091041	0,12774	0,187207	0,272323	0,37471	0,481198	0,57324	0,641261	0,686448
0,093435	0,131763	0,193542	0,28144	0,385476	0,491958	0,582049	0,64746	0,690472

0,084669	0,119289	0,176195	0,259171	0,360475	0,467425	0,561107	0,63098	0,677532
0,097757	0,137408	0,200787	0,29036	0,395431	0,50163	0,590416	0,654434	0,696174
0,09094	0,127934	0,187877	0,273827	0,377115	0,485206	0,579303	0,649522	0,695576
0,093145	0,131194	0,192826	0,281074	0,386701	0,49561	0,588293	0,655866	0,699803
0,091948	0,129602	0,190363	0,277188	0,381578	0,490072	0,58366	0,652642	0,697973
0,090943	0,128407	0,189013	0,2761	0,38084	0,489672	0,583471	0,652471	0,697561
0,087852	0,123742	0,182403	0,267182	0,370133	0,478978	0,574627	0,646407	0,693796
0,089542	0,125559	0,184726	0,270672	0,374949	0,48423	0,579002	0,649258	0,695209
0,096707	0,136238	0,199252	0,288105	0,392931	0,499107	0,588168	0,652027	0,694158
0,093867	0,13249	0,194554	0,283307	0,388893	0,496431	0,586663	0,651418	0,693639
0,08679	0,123615	0,183757	0,270794	0,37561	0,484355	0,57762	0,645764	0,691037
0,087815	0,125688	0,187197	0,275399	0,380586	0,488912	0,581386	0,64878	0,693104
0,079927	0,11285	0,167159	0,247083	0,346076	0,452936	0,54868	0,62165	0,67138
0,093395	0,131606	0,192801	0,279857	0,383434	0,490156	0,581286	0,64758	0,691483
0,095394	0,134259	0,196624	0,285255	0,390778	0,499642	0,59253	0,660478	0,704703
0,097078	0,136792	0,200117	0,289733	0,396262	0,505442	0,597489	0,664395	0,707714
0,087676	0,125157	0,185853	0,273223	0,378534	0,488632	0,584109	0,654804	0,701124
0,091094	0,130418	0,193628	0,283576	0,390396	0,499927	0,592839	0,66046	0,704403
0,088701	0,126552	0,18806	0,276888	0,383698	0,494116	0,588344	0,657005	0,701445
0,09369	0,13173	0,193242	0,281259	0,386872	0,496125	0,58956	0,658051	0,70297
0,089221	0,127757	0,190173	0,279677	0,386185	0,49429	0,584586	0,649095	0,691417
0,091738	0,130797	0,193638	0,283271	0,389524	0,49743	0,588109	0,653449	0,696174
0,093329	0,131444	0,192514	0,279563	0,383368	0,490074	0,580835	0,646932	0,69037
0,09346	0,131874	0,193311	0,280718	0,384649	0,491338	0,58171	0,647364	0,690885
0,080149	0,115344	0,173298	0,257367	0,35956	0,467076	0,561305	0,631223	0,678242
0,094718	0,133595	0,195566	0,283611	0,38796	0,494341	0,584267	0,649448	0,692366
0,088587	0,126441	0,188029	0,276835	0,38367	0,493918	0,588063	0,656518	0,700987
0,090683	0,129498	0,193057	0,28305	0,38991	0,500338	0,593415	0,660978	0,70451
0,091683	0,130123	0,1919	0,280279	0,385997	0,495806	0,590365	0,660113	0,705714
0,094051	0,133772	0,197443	0,28796	0,395281	0,50504	0,59755	0,664794	0,708325
0,091208	0,129903	0,192299	0,281943	0,389232	0,499423	0,592533	0,659869	0,7034
0,091877	0,131045	0,194166	0,284803	0,393048	0,504028	0,597193	0,664621	0,707951
0,094899	0,133711	0,195873	0,284069	0,388326	0,49494	0,584884	0,649966	0,692727
0,090736	0,129498	0,192088	0,281877	0,388573	0,496902	0,587219	0,651862	0,693835
0,085716	0,122003	0,181081	0,266621	0,369777	0,477731	0,571425	0,640911	0,68712
0,08991	0,126706	0,186426	0,271988	0,374735	0,481496	0,573467	0,641263	0,686303
0,082555	0,116646	0,17276	0,254977	0,355812	0,463281	0,558126	0,629253	0,677219
0,093362	0,131475	0,192479	0,279306	0,382745	0,489175	0,579752	0,645995	0,689553
0,090211	0,128912	0,191588	0,28128	0,388021	0,497804	0,591291	0,6593	0,703718
0,092973	0,131161	0,192542	0,280167	0,385204	0,494093	0,587686	0,656376	0,701002
0,090746	0,127664	0,187689	0,274033	0,378542	0,488041	0,583071	0,653505	0,699477
0,088229	0,126029	0,18742	0,27558	0,381522	0,491282	0,585661	0,655023	0,700379
0,088635	0,126496	0,18824	0,277381	0,384611	0,49549	0,589718	0,658546	0,702962
0,089054	0,12709	0,188722	0,277566	0,384255	0,49456	0,588925	0,65795	0,702641
0,096182	0,135096	0,197481	0,286025	0,3906	0,49694	0,586225	0,650562	0,692748
0,093778	0,132066	0,193468	0,280833	0,384606	0,490964	0,581121	0,646787	0,68991
0,086774	0,123456	0,183235	0,269832	0,374252	0,482551	0,575305	0,643107	0,687871
0,083141	0,118741	0,176997	0,261848	0,364788	0,472647	0,565925	0,634955	0,680759
0,089966	0,128056	0,18928	0,276753	0,38053	0,486822	0,576909	0,642698	0,686008
0,090196	0,126471	0,18518	0,269595	0,3713	0,47779	0,570288	0,638649	0,684307
0,093372	0,131442	0,192611	0,279517	0,383383	0,490882	0,583726	0,65207	0,696917
0,095021	0,134168	0,196774	0,285768	0,391421	0,499438	0,590712	0,657178	0,700134
0,087108	0,124363	0,185251	0,27291	0,378427	0,487946	0,582161	0,651268	0,696594
0,090244	0,128841	0,191182	0,280515	0,387307	0,496749	0,589529	0,656917	0,700422
0,089183	0,126946	0,18841	0,276873	0,383045	0,492995	0,58727	0,656399	0,701565
0,09009	0,126572	0,185807	0,27146	0,375129	0,483736	0,578329	0,648466	0,694448

0,097061	0,136425	0,199173	0,287678	0,391873	0,497868	0,587474	0,652294	0,694769
0,095384	0,134002	0,195546	0,282834	0,386465	0,492888	0,58328	0,649199	0,692598
0,077857	0,111357	0,167078	0,249092	0,350246	0,458342	0,554016	0,625979	0,674445
0,086595	0,121859	0,179369	0,26275	0,364051	0,470932	0,564811	0,634798	0,681693
0,08533	0,12053	0,17807	0,26116	0,362082	0,468755	0,562496	0,632787	0,679965
0,085105	0,121513	0,18105	0,267401	0,372106	0,480836	0,573923	0,642213	0,687217
0,088789	0,124775	0,18345	0,268099	0,370817	0,479143	0,57426	0,645539	0,692661
0,089491	0,127583	0,1893	0,277927	0,384184	0,493999	0,588114	0,657132	0,702074
0,091839	0,129448	0,189965	0,276769	0,381133	0,489814	0,583798	0,653071	0,698317
0,092001	0,129438	0,189828	0,276263	0,380431	0,4892	0,583367	0,653317	0,698897
0,091319	0,130125	0,192682	0,282253	0,389239	0,499196	0,592691	0,661057	0,705105
0,093629	0,131748	0,193339	0,281508	0,387248	0,496606	0,589917	0,658193	0,702366
0,090034	0,128387	0,190467	0,27973	0,386142	0,494731	0,585929	0,651464	0,694731
0,08861	0,126681	0,188435	0,277005	0,382854	0,491242	0,58275	0,648968	0,692595
0,091539	0,130684	0,193532	0,282766	0,388433	0,495872	0,585888	0,650623	0,693178
0,091751	0,131538	0,195246	0,285199	0,391093	0,498113	0,587915	0,65223	0,694697
0,087118	0,125076	0,186654	0,274625	0,379259	0,486302	0,57735	0,64299	0,686639
0,08764	0,125293	0,186439	0,274503	0,379922	0,488079	0,579344	0,645541	0,689016
0,093324	0,131422	0,192481	0,279839	0,384388	0,493153	0,587023	0,656145	0,701534
0,092844	0,13243	0,195855	0,286058	0,393206	0,502907	0,596041	0,663999	0,708208
0,090127	0,128713	0,191114	0,280416	0,387391	0,497363	0,590603	0,658214	0,702127
0,097465	0,13754	0,201604	0,292611	0,400308	0,509627	0,600887	0,666566	0,708585
0,087411	0,124278	0,184541	0,271686	0,377156	0,487396	0,582347	0,652119	0,697777
0,094362	0,132761	0,194374	0,282489	0,387998	0,497185	0,5906	0,658795	0,703438
0,098273	0,138257	0,201984	0,291707	0,397142	0,503388	0,591691	0,65484	0,696087
0,092905	0,132147	0,195589	0,285798	0,392524	0,500567	0,590483	0,655061	0,69694
0,093698	0,1317	0,192948	0,280363	0,384436	0,491206	0,582031	0,647998	0,691549
0,09068	0,128091	0,188638	0,275707	0,379953	0,487177	0,578166	0,644145	0,687901
0,084479	0,119335	0,176438	0,259521	0,360709	0,467952	0,561887	0,632018	0,679128
0,093766	0,131866	0,193141	0,280485	0,384695	0,491588	0,58224	0,648143	0,691646
0,0912	0,128119	0,18805	0,274465	0,378862	0,487916	0,582283	0,652114	0,697686
0,090259	0,127161	0,186971	0,273065	0,377042	0,48591	0,580335	0,650423	0,696365
0,090981	0,130105	0,193258	0,283324	0,390788	0,501038	0,594111	0,66172	0,705515
0,09247	0,130524	0,191652	0,278864	0,383663	0,492554	0,586194	0,655089	0,700175
0,0922	0,129936	0,190513	0,277343	0,381611	0,489868	0,583122	0,651715	0,696617
0,091054	0,12826	0,188488	0,275242	0,379976	0,489409	0,583859	0,653573	0,699027
0,09675	0,136033	0,199011	0,288021	0,392885	0,499163	0,588183	0,652164	0,694239
0,095955	0,134914	0,197291	0,285544	0,390015	0,496711	0,586832	0,652058	0,694985
0,086726	0,123375	0,183306	0,26989	0,37441	0,482829	0,575547	0,64352	0,688377
0,09091	0,127798	0,187476	0,273065	0,375752	0,48237	0,574273	0,641868	0,686649
0,080896	0,11629	0,174574	0,259171	0,361622	0,469232	0,563003	0,632741	0,679538
0,095995	0,134818	0,197055	0,28528	0,38957	0,49549	0,584193	0,647838	0,689836
0,085305	0,12198	0,181847	0,26833	0,372912	0,48225	0,57722	0,647775	0,694117
0,094667	0,133734	0,196068	0,284681	0,390165	0,498444	0,590646	0,657902	0,701562
0,094725	0,132887	0,193917	0,280741	0,384721	0,493179	0,586865	0,655845	0,701043
0,096182	0,13567	0,198384	0,287046	0,392329	0,500241	0,591837	0,658991	0,702372
0,088373	0,12636	0,187448	0,275252	0,380502	0,489819	0,583974	0,653314	0,698617
0,095513	0,134644	0,19736	0,286748	0,392804	0,50138	0,592966	0,659323	0,702234
0,096523	0,135609	0,198161	0,287079	0,391945	0,498421	0,587474	0,651263	0,693298
0,095778	0,136311	0,201236	0,293002	0,400778	0,508824	0,59832	0,661991	0,703158
0,088196	0,126014	0,187425	0,275646	0,381252	0,490113	0,58249	0,649633	0,693977
0,091662	0,129147	0,189572	0,275956	0,379419	0,486083	0,57709	0,643523	0,687576
0,085971	0,122799	0,18293	0,270068	0,375132	0,48357	0,576098	0,643421	0,687777
0,094392	0,132864	0,194615	0,282842	0,38751	0,494448	0,584968	0,650342	0,693336
0,087236	0,124487	0,185023	0,272123	0,377143	0,486491	0,581113	0,651083	0,696891
0,094548	0,135055	0,199655	0,290767	0,398233	0,507601	0,599715	0,666528	0,709649

0,088193	0,125877	0,187202	0,275539	0,381962	0,492394	0,586898	0,656482	0,701631
0,096376	0,136119	0,198955	0,287541	0,392453	0,500562	0,592821	0,660907	0,705288
0,089451	0,12779	0,189711	0,277995	0,383592	0,492804	0,586268	0,655447	0,700457
0,094773	0,1336	0,195825	0,284419	0,390177	0,499532	0,59278	0,660935	0,705296
0,085898	0,122809	0,183323	0,270373	0,37413	0,481192	0,573087	0,640591	0,685209

670	680	690	700
0,72121	0,746905	0,76858	0,788988
0,717989	0,743968	0,765913	0,786331
0,709425	0,736939	0,759848	0,781059
0,714044	0,741007	0,763328	0,784199
0,708576	0,736245	0,759325	0,780887
0,718107	0,744226	0,765949	0,786839
0,721477	0,748079	0,77028	0,790196
0,725099	0,751345	0,773241	0,793003
0,721877	0,748668	0,770525	0,790343
0,725401	0,751915	0,773884	0,794068
0,723755	0,750833	0,772822	0,792817
0,721926	0,748768	0,771093	0,790872
0,718651	0,744262	0,765452	0,785701
0,719869	0,745519	0,766973	0,787058
0,714729	0,741506	0,763444	0,784445
0,717332	0,743143	0,765072	0,78558
0,706817	0,734618	0,757679	0,779256
0,721913	0,747234	0,768446	0,788681
0,724791	0,751342	0,77311	0,793093
0,727145	0,752861	0,774257	0,793805
0,726353	0,752507	0,774239	0,793927
0,725922	0,75189	0,773426	0,793078
0,723916	0,750828	0,772963	0,792662
0,723975	0,750476	0,772523	0,792464
0,719872	0,745794	0,767212	0,787425
0,719551	0,745331	0,767063	0,787112
0,718766	0,745365	0,767299	0,787654
0,720672	0,747033	0,768891	0,789099
0,702603	0,731669	0,755645	0,777767
0,718625	0,74503	0,766862	0,787208
0,731839	0,757579	0,778985	0,798228
0,734124	0,759525	0,780181	0,799324
0,730049	0,756448	0,777922	0,797616
0,731172	0,756566	0,777362	0,796458
0,728666	0,754376	0,775463	0,795018
0,730441	0,756402	0,777488	0,79725
0,71733	0,742935	0,764367	0,784512
0,722344	0,747912	0,769105	0,78896
0,717271	0,743629	0,765512	0,786029
0,717535	0,743681	0,76555	0,785835
0,707496	0,73524	0,758006	0,779336
0,718676	0,744645	0,766371	0,786746
0,728217	0,75409	0,775265	0,794809
0,731406	0,756926	0,77757	0,796778
0,733757	0,759852	0,780896	0,800312
0,735119	0,760168	0,780934	0,800158
0,730072	0,755402	0,776253	0,795405

0,73427	0,759484	0,780276	0,799634
0,719374	0,745071	0,766481	0,787136
0,719659	0,745143	0,766744	0,787035
0,715791	0,742914	0,765288	0,786039
0,714301	0,741572	0,763549	0,784416
0,707294	0,735492	0,758826	0,780322
0,716537	0,743076	0,764812	0,78541
0,731411	0,756728	0,777881	0,797627
0,728989	0,754713	0,776117	0,795709
0,728112	0,754353	0,776037	0,795524
0,72863	0,754656	0,775816	0,795637
0,730546	0,756186	0,777462	0,796478
0,730492	0,756448	0,777735	0,797387
0,718523	0,744064	0,765414	0,786011
0,71674	0,742806	0,764449	0,785376
0,715676	0,742503	0,764449	0,785459
0,709502	0,736811	0,759485	0,780685
0,713247	0,739408	0,761059	0,781836
0,712911	0,739984	0,762204	0,783173
0,725206	0,751188	0,772714	0,792745
0,726889	0,751972	0,773192	0,792634
0,725004	0,751141	0,772837	0,792657
0,727602	0,752957	0,774113	0,793767
0,729879	0,755607	0,776968	0,796569
0,723155	0,749879	0,771955	0,791927
0,721036	0,746596	0,768174	0,787933
0,719302	0,745079	0,766721	0,786978
0,704927	0,733407	0,756861	0,778817
0,710903	0,738734	0,761162	0,782515
0,70971	0,737667	0,760532	0,781671
0,715183	0,741714	0,763868	0,784597
0,722444	0,749324	0,771222	0,791106
0,729851	0,755782	0,777174	0,796765
0,72662	0,752733	0,77428	0,79387
0,727361	0,753553	0,774972	0,794708
0,732301	0,757649	0,778552	0,797771
0,729751	0,75554	0,776716	0,796205
0,720854	0,746743	0,768235	0,788088
0,719141	0,745015	0,766965	0,787383
0,719307	0,744979	0,766371	0,786586
0,720562	0,746228	0,767533	0,787352
0,713719	0,739498	0,760784	0,780794
0,715568	0,741786	0,763441	0,783792
0,729431	0,755497	0,776899	0,796342
0,735443	0,761096	0,781845	0,801298
0,728902	0,754566	0,775376	0,794855
0,733968	0,75897	0,779589	0,79864
0,726007	0,752237	0,773493	0,792993
0,7305	0,756286	0,777452	0,79719
0,721413	0,746401	0,767371	0,787417
0,722716	0,747912	0,768742	0,788771
0,718371	0,744403	0,766077	0,786473
0,714686	0,740873	0,762667	0,783836
0,708769	0,736659	0,75975	0,781005

0,718292	0,74429	0,766044	0,786529
0,726027	0,752519	0,774164	0,794208
0,725158	0,751499	0,772886	0,793044
0,732596	0,7579	0,778869	0,798346
0,728058	0,753828	0,775201	0,794556
0,724375	0,750236	0,771518	0,791181
0,72724	0,753443	0,774985	0,79483
0,720187	0,745658	0,767014	0,787143
0,721215	0,746886	0,768323	0,788681
0,715932	0,742655	0,764616	0,785216
0,714452	0,741351	0,76342	0,784117
0,708761	0,7364	0,75914	0,78042
0,715337	0,740505	0,761702	0,781658
0,72306	0,749967	0,771731	0,791514
0,728541	0,754592	0,775757	0,795286
0,729192	0,755121	0,776274	0,795973
0,729477	0,754787	0,775682	0,794948
0,72683	0,753057	0,774352	0,793976
0,728825	0,754137	0,775111	0,794357
0,718841	0,744418	0,765838	0,785923
0,728189	0,753016	0,773889	0,793426
0,721177	0,747516	0,769326	0,789945
0,714639	0,741238	0,762999	0,78366
0,714993	0,741575	0,763531	0,784161
0,719633	0,745606	0,767245	0,787572
0,725591	0,75198	0,773601	0,793558
0,736063	0,760993	0,781778	0,800514
0,729328	0,755412	0,776783	0,79605
0,732778	0,758579	0,779671	0,799087
0,728233	0,754219	0,77508	0,794652
0,73259	0,75825	0,779365	0,798793
0,71415	0,7404	0,762713	0,783433

Tab. 6 Teplotní komfort – naměřené hodnoty

Poměr max. ustáleného tepelného toku

NaOH

	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	1,24	1,29	1,36	1,41	1,28	1,36	1,3	1,31	1,34	1,25	1,25
1g/l	1,4	1,32	1,35	1,27	1,41	1,29	1,27	1,22	1	1,55	1,26
5g/l	1,31	1,29	1,37	1,33	1,29	1,34	1,37	1,38	1,47	1,34	1,25
10g/l	1,36	1,4	1,32	1,27	1,28	1,33	1,3	1,26	1,25	1,23	1,2
20g/l	1,31	1,33	1,28	1,29	1,18	1,29	1,29	1,39	1,22	1,28	1,21
40g/l	1,45	1,4	1,31	1,36	1,35	1,34	1,25	1,31	1,47	1,23	1,23

Na₂CO₃

	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	1,25	1,26	1,23	1,24	1,31	1,26	1,23	1,24	1,27	1,27	1,25
1g/l	1,28	1,28	1,27	1,24	1,22	1,25	1,29	1,22	1,25	1,25	1,25
5g/l	1,25	1,32	1,3	1,25	1,29	1,27	1,24	1,24	1,26	1,28	1,27
10g/l	1,25	1,26	1,21	1,26	1,28	1,25	1,29	1,22	1,25	1,24	1,26
20g/l	1,24	1,26	1,22	1,23	1,28	1,29	1,25	1,25	1,21	1,22	1,25
40g/l	1,26	1,32	1,28	1,26	1,25	1,31	1,25	1,26	1,26	1,29	1,26

Tepelný tok

		NaOH										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		483	546	476	476	536	457	525	451	470	434	495
1g/l		468	483	445	509	446	477	526	481	469	428	400
5g/l		495	500	516	486	472	514	451	450	460	453	435
10g/l		483	526	451	514	521	477	463	485	485	491	473
20g/l		480	481	477	543	549	482	506	423	482	445	457
40g/l		472	506	522	482	569	544	460	444	480	469	451

		Na2CO3										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		560	589	549	573	572	585	554	522	546	523	525
1g/l		579	572	585	586	584	544	552	585	591	543	449
5g/l		563	553	578	565	587	572	594	600	591	552	524
10g/l		581	551	574	541	577	599	621	559	599	569	492
20g/l		595	569	578	586	603	583	595	593	584	552	522
40g/l		571	589	585	543	574	581	581	584	572	504	493

Měrná tepelná vodivost

		NaOH										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		43,5	42,1	42,2	40,8	45,1	38,7	43	37,3	39,6	39,5	42
1g/l		42,5	41,5	40,7	41,4	37,1	41	44,8	42,4	44,9	37,6	37,9
5g/l		42,1	41,9	42,6	42,5	42,3	43,3	39,9	40,5	40,2	41,5	41,3
10g/l		40,4	42,6	41,6	44,9	45,6	42,1	41,2	41,6	41,7	42,5	43,4
20g/l		44	41	43,8	44,1	45,7	41,3	43	37,7	41,2	38,4	43,5
40g/l		42,5	42,6	41,9	43,4	46,8	43,5	42	41,9	42,5	41,3	44,5

		Na2CO3										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		46,5	44,8	43,7	46,4	45,6	47,1	44	45,7	44	42,4	44,1
1g/l		48,6	43,6	44,3	45,5	46,4	43,9	42,7	49,1	46,7	43,9	40,6
5g/l		44,8	42,9	45,6	45,8	42,7	46,1	48,9	47,3	45,3	43,6	42,7
10g/l		47,1	44	47,2	44,2	46,3	46,1	47,9	46,2	47,5	46	42,2
20g/l		47,3	44,7	49,6	46,8	43,9	44,7	46,1	46,4	46,5	43,2	45,1
40g/l		46,4	47,7	45,2	48,2	44	46	47,1	45,1	46,2	40,4	43,3

Teplovní vodivost

		NaOH										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		076	052	071	074	064	067	059	077	059	073	063
1g/l		074	065	079	054	063	063	066	063	052	075	082
5g/l		064	067	063	076	076	060	070	076	058	074	071
10g/l		070	063	080	067	070	068	076	069	068	066	074
20g/l		079	073	075	059	048	072	059	076	068	064	084
40g/l		077	071	053	071	064	058	076	080	068	063	090

		Na2CO3										
		0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l		062	054	060	062	060	061	055	072	055	060	055
1g/l		070	049	050	059	058	057	055	065	060	061	083
5g/l		058	051	057	056	053	067	065	061	055	053	064
10g/l		055	065	064	057	067	052	047	063	061	054	077

20g/l	057	062	070	066	044	056	055	057	057	058	078
40g/l	065	063	054	066	055	056	055	049	064	068	079

Tepelná jímavost

	NaOH										
	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	158	184	159	150	179	149	177	138	164	147	168
1g/l	148	162	145	178	148	163	175	169	197	137	132
5g/l	167	162	170	155	154	178	151	147	161	153	155
10g/l	153	170	147	174	173	162	150	159	160	166	159
20g/l	154	152	160	181	208	154	177	137	158	152	150
40g/l	144	160	182	163	185	181	152	149	163	165	148

	Na ₂ CO ₃										
	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	187	193	179	186	185	191	188	170	187	173	189
1g/l	184	197	197	188	193	184	182	192	191	178	141
5g/l	187	190	191	193	186	178	192	192	193	189	169
10g/l	200	173	186	187	179	203	221	183	192	199	152
20g/l	198	179	187	182	209	188	197	194	195	179	162
40g/l	182	190	194	188	188	195	200	204	183	155	155

Tepelní odpor

	NaOH										
	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	8,7	7,7	10,1	10,7	7,8	10,4	8,1	11,7	9,9	10	8,3
1g/l	10,6	9,4	10,9	8,1	11,6	9,2	7,8	8,4	6,6	13,6	11,4
5g/l	8,9	8,7	9,2	9,5	9,5	8,7	10,8	11	11,8	10,4	8,8
10g/l	10	9,2	10,4	8,4	8,1	9,6	9,8	8,7	8,7	8,2	8,4
20g/l	9,5	9,7	9,2	7,6	6,8	9,1	8,4	12,1	8,5	10,2	8,8
40g/l	9,2	9,6	8,4	9,9	7,8	8	9,3	10,4	10,1	8,8	9,4

	Na ₂ CO ₃										
	0,5	1	2	48	72	96	144	192	264	360	744
0,1g/l	7	6,6	6,9	6,7	7,2	6,7	7	7,7	7,3	7,9	7,5
1g/l	6,9	7,1	6,7	6,5	6,4	7,4	7,6	6,3	6,5	7,4	9,6
5g/l	6,9	7,7	7,1	6,9	6,9	7	6,3	6,1	6,5	7,4	7,9
10g/l	6,6	7,3	6,4	6,9	7	6,4	6,2	6,7	6,2	6,7	8,6
20g/l	6,3	6,9	6,5	6,5	6,4	6,9	6,4	6,4	6,4	6,9	7,8
40g/l	7	7,1	6,8	7,3	6,7	7	6,6	6,6	7	8,7	8,7